

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
Навчально-науковий інститут «Українська інженерно-педагогічна академія»
Кафедра Машинобудування, транспорту і зварювання

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

магістра

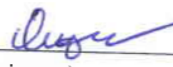
на тему

Підготовка фахівців машинобудівної галузі з розробки системи оптимального управління проектуванням операцій фінішної обробки авіаційних деталей з алюмінієвих та титанових сплавів полімерно-абразивними інструментами
(тема кваліфікаційної роботи)

Виконав: студент 5 курсу, групи ДІТ-ПОМ23мг

спеціальності: 015.34 «Професійна освіта (Машинобудування)»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

 /Олександр ЯЦЮК
(підпис) (ім'я та прізвище)

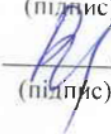
Керівник  /Олександр НАЗАРКІН
(підпис) (ім'я та прізвище)

Рецензент  /Вікторія КНЯЗЄВА
(підпис) (ім'я та прізвище)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри  /Олег ПОДОЛЯК
(підпис) (ім'я та прізвище)

Нормоконтроль  /Олег ПОДОЛЯК
(підпис) (ім'я та прізвище)

Секретар ЕК  /Валентина СКОРКІНА
(підпис) (ім'я та прізвище)

Харків – 2024 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені В.Н. КАРАЗІНА

Навчально-науковий інститут «Українська інженерно-педагогічна академія»

Кафедра машинобудування, транспорту і зварювання

Спеціальність 015.34 Професійна освіта (Машинобудування)

Освітньо-професійна програма Професійна освіта (Машинобудування)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МТіЗ

 О.Л. Подоляк
“12” 10 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу

другого (магістерського) рівня вищої освіти

студенту (ці) Олександру ЯЦЮКУ

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Підготовка фахівців машинобудівної галузі з розробки системи оптимального управління проектуванням операцій фінішної обробки авіаційних деталей з алюмінієвих та титанових сплавів полімерно-абразивними інструментами

затверджена наказом 4801-5/3345 від 12.10. 2024 р.

2. Термін здачі магістрантом закінченої роботи “5” грудня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: Зразки деталей титанових сплавів для обробки на верстатах шліфувальної групи, полімерно-абразивний інструмент, нормативні документи, паспортні дані обладнання, каталоги, стандарти на засоби технічного оснащення..

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити): Вступ. Аналіз стану питання в області теоретичних і експериментальних досліджень процесу фінішної обробки деталей методологічні основи досліджень фінішної обробки деталей машин полімерно-абразивними інструментами технологічне забезпечення якості поверхні при скругленні гострих кромek радіальними полімерно-абразивними щітками та еластичними полімерно-абразивними інструментами Методичний розділ. Висновки. Список джерел інформації. Додатки.

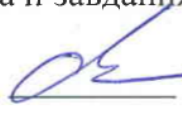
5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень, плакатів: У вигляді презентації PowerPoint.

6. Консультант:

Розділ	Консультант	Підпис, дата		Оцінка (бали)
		Завдання видав	Завдання прийняв	
педагогічний	Вероніка БАКАТАНОВА			

7. Дата видачі завдання « 12 » 10 2024р.

Керівник


 Олександр НАЗАРКІН
 (підпис) (ім'я, прізвище)

Завдання прийняв до виконання


 Олександр ЯЦЮК
 (підпис) (ім'я, прізвище)
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН-ГРАФІК
виконання кваліфікаційної роботи

№ з/п	Назва етапів роботи та питань, які мають бути розроблені відповідно до завдання	Термін виконання	Позначки керівника про виконання завдань
1.	Вибір теми й обґрунтування проблеми дослідження. Визначення об'єкта, предмета, мети й завдань.		
2.	Складання плану роботи. Підбор літератури й інших джерел		
3.	Оформлення завдання проектування для затвердження теми кваліфікаційної роботи		
4.	Підготовка аналітичної частини		
5.	Підготовка теоретичної частини		
6.	Розробка дослідницької частини		
7.	Розробка методичного розділу		
8.	Підготовка графічного матеріалу		
9.	Доробка проекту по зауваженнях наукового керівника		
10.	Доробка проекту по зауваженнях консультантів		
11.	Оформлення кваліфікаційної роботи. Підготовка до захисту.		
12.	Захист кваліфікаційної роботи		

Здобувач вищої освіти


 Олександр ЯЦЮК
 (підпис) (ім'я, прізвище)

Нормоконтроль


 Олег ПОДОЛЯК
 (підпис) (ім'я, прізвище)

Додаток 2 до Порядку проведення перевірки наукових праць, навчально-методичних видань та дипломних робіт (проектів) працівників та здобувачів вищої освіти на наявність запозичень з інших документів (нова редакція)

Введено в дію:

наказ ректора № 0204 -1/088 від 27.02.2020 р.

Протокол контролю оригінальності дипломної роботи (проекту)

Підготовка фахівців машинобудівної галузі з розробки системи оптимального управління процесуванням операцій фінішної обробки авіаційних деталей з алюмінієвих та титанових сплавів полімерно-абразивними інструментами

(назва роботи)

студента

ЯЦЮК Олександр Олександрович

(прізвище, ім'я та по батькові)

науковий керівник

Назаркін Олександр Анатолійович

(прізвище, ім'я та по батькові)

В результаті перевірки роботи в антиплагіатній інтернет-системі Strikeplagiarism.com встановлено наступні значення Коефіцієнтів Подібності

Коефіцієнт Подібності 1: 0,92,

Коефіцієнт Подібності 2: 0,00,

Сигнал „Тривога!": ☐ – немає; ☐ – є, кількість разів у тексті ____.

Вченою радою факультету (навчально-наукового інституту) затверджено наступні показники оригінальності (за значенням коефіцієнту K1):

не більше 20% – оригінальна робота,

від ____% до ____% – задовільно оригінальна робота,

від ____% до ____% – умовно оригінальна робота,

більше ____% – неоригінальна робота.

Відповідно до цього, робота може бути класифікована як:

☒ оригінальна,

☐ задовільно оригінальна,

☐ умовно оригінальна,

☐ неоригінальна.

Висновок:

☒ робота може бути допущена до захисту,

☐ необхідно провести розгляд Повного Звіту Подібності із залученням фахівців із тематики дипломної роботи (проекту).

Примітки Системного Оператора про виявлені запозичення:

Системний Оператор

Скоркін А.О.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

28.11.24

(дата)

ЗМІСТ

Вступ	7
Розділ 1 Актуальність професійної підготовки фахівців машинобудівної галузі	10
2 Аналіз стану питання в області теоретичних і експериментальних досліджень процесу фінішної обробки деталей.	19
3. Методологічні основи досліджень фінішної обробки деталей машин полімерно-абразивними інструментами	25
4 Технологічне забезпечення якості поверхні при скругленні гострих кромek радіальними полімерно-абразивними щітками та еластичними полімерно-абразивними інструментами	35
5. Механізація та автоматизація фінішної обробки деталей з застосуванням полімерно-абразивного інструмента	45
Розділ 6 Розробка дидактичного проєкту факультативного заняття на тему «створення динамічної математичної моделі сили різання, що враховує знос робочої поверхні шліфувального кола в наслідок стирання» для фахівців машинобудівної галузі	60
ВИСНОВКИ	74
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	75

Реферат магістерської кваліфікаційної роботи з теми “ Підготовка фахівців машинобудівної галузі з розробки системи оптимального управління проєктуванням операцій фінішної обробки авіаційних деталей з алюмінієвих та титанових сплавів полімерно-абразивними інструментами”

РЕФЕРАТ

Робота містить 76с., 50 рис., 31 табл., 24 джерел.

Кваліфікаційна робота (дипломний проєкт) присвячений науковому обґрунтуванню та вдосконаленню системи підготовки фахівців машинобудівної галузі з розробки системи оптимального управління проєктуванням операцій фінішної обробки авіаційних деталей з алюмінієвих та титанових сплавів полімерно-абразивними інструментами.

У першому розділі розглянуто актуальність професійної підготовки фахівців машинобудівної галузі з розробки системи оптимального управління проєктуванням операцій фінішної обробки авіаційних деталей з алюмінієвих та титанових сплавів полімерно-абразивними інструментами.

У другому розділі виконано аналіз стану питання в області теоретичних і експериментальних досліджень процесу фінішної обробки деталей.

У третьому розділі викладено методологічні основи досліджень фінішної обробки деталей машин полімерно-абразивними інструментами.

У четвертому розділі виконано технологічне забезпечення якості поверхні при скругленні гострих кромek радіальними полімерно-абразивними щітками та еластичними полімерно-абразивними інструментами.

У п'ятому розділі запропоновано механізація та автоматизація фінішної обробки деталей з застосуванням полімерно-абразивного інструмента.

Запропонована методика може бути покладена в основу інноваційних технологій під час навчання для отримання кваліфікованих фахівців машинобудівної галузі.

Ключові слова: професійна підготовка, кромка, фінішна обробка, полімерно-абразивний інструмент

Abstract of the master's qualification work on the topic "Training of specialists in the mechanical engineering industry in the development of an optimal control system for the design of operations for finishing aircraft parts made of aluminum and titanium alloys with polymer-abrasive tools"

ABSTRACT

The work contains 76 pages, 50 figures, 31 tables, 24 sources.

The qualification work (diploma project) is devoted to the scientific substantiation and improvement of the system for training specialists in the mechanical engineering industry in the development of an optimal control system for the design of operations for finishing aircraft parts made of aluminum and titanium alloys with polymer-abrasive tools.

The first section considers the relevance of professional training of specialists in the mechanical engineering industry in the development of an optimal control system for the design of operations for finishing aircraft parts made of aluminum and titanium alloys with polymer-abrasive tools.

The second section analyzes the state of the art in the field of theoretical and experimental research on the process of finishing parts.

The third section outlines the methodological foundations of research on finishing machine parts with polymer-abrasive tools.

The fourth section provides technological assurance of surface quality when rounding sharp edges with radial polymer-abrasive brushes and elastic polymer-abrasive tools.

The fifth section proposes mechanization and automation of finishing parts using polymer-abrasive tools.

The proposed methodology can be used as the basis for innovative technologies during training to obtain qualified specialists in the machine-building industry.

Keywords: professional training, edge, finishing, polymer-abrasive tool

ВСТУП

На сьогоднішній день вітчизняні автомобілебудівні, авіабудівні та інші машинобудівні підприємства активно набувають та впроваджують у виробничий процес сучасні, високоефективні верстати з ЧПУ, робототехнічні комплекси та інше сучасне обладнання. Однак при цьому фінішні операції такі як зачистка поверхонь, заокруглення гострих кромek, підготовка поверхонь під лакофарбові та гальванічні покриття, видалення дефектного шару, видалення задирок і т. п. часто продовжують виконуватися за допомогою низькопродуктивної та некваліфікованої ручної праці, а, отже, підвищується виробів та знижується їх якість.

В авіабудуванні проблема заміни ручної праці на механізований та автоматизований стоїть досить гостро і виникає, наприклад, у таких випадках: при виготовленні складних, великогабаритних, оребрених деталей каркаса літака, після фрезерування на верстатах з ЧПУ можуть виявлятися дефекти (у переходах з однієї поверхні на іншу можуть бути ознаки хвилястості; просторі можуть бути похибки формою у зв'язку з тим, що навіть при кутовому кроці 1,80 крокового двигуна, лінійний крок може виявитися істотно більше необхідної шорсткості; випадкові дефекти, пов'язані з фактичним станом фрези і т.д.); при виготовленні довгомірних деталей типу профілів, після фрезерування, обов'язково потрібно заокруглення гострих кромek. Всі перелічені дефекти вимагають додаткової обробки (оздоблювально-зачисні, фінішні операції), яка в реальних умовах, як правило, виконується вручну, на що витрачається суттєва трудомісткість, що, як наслідок, призводить до підвищення собівартості продукції та зниження її якості.

У зв'язку з викладеним, механізація/автоматизація фінішної обробки деталей залишається серйозною технологічною проблемою, що має міжгалузеве значення, яка суттєво впливає на продуктивність праці, якість, собівартість та конкурентоспроможність виробів.

Найбільш ефективними способами вирішення зазначених проблем залишаються методи абразивної механічної обробки, до яких належать: шліфування, полірування, об'ємна вібраційна обробка і т.д.

Усі перелічені методи абразивної механічної обробки досить глибоко досліджені та активно впроваджуються у серійне виробництво. У той же час, дані методи абразивної обробки, як і будь-які інші, мають певний набір обмежень у функціональних можливостях. Наприклад, при обробці жорсткими інструментами важко зачищати тонкий поверхневий шар (особливо деталей з алюмінієвих сплавів, що широко застосовуються в авіабудуванні) у зв'язку з можливістю зняття певного шару матеріалу та порушення необхідної точності за розміром. При заокругленні кромek жорстким інструментом, з базуванням деталі вже оброблених поверхонь, виникають труднощі із забезпеченням необхідного розміру (наприклад, $0,5 \pm 0,2$ за ГОСТ 30893.1-2002) і точності кромки. Відповідно до ГОСТ 30893.1-2002, відхилення положення кромки щодо базової поверхні може досягати $\pm 1,5$ мм і навіть ± 6 мм. При механізації/автоматизації процесу заокруглення кромek із застосуванням промислових роботів та жорсткого інструменту (наприклад, борфрез), виникають проблеми із забезпеченням необхідного розміру та якості кромek через підвищену чутливість робототехнічного комплексу до коливальних явищ. При обробці жорстким інструментом, найменше колювання чи неточність базування призводить до шлюбу та суттєвих економічних втрат, через високу вартість деталей з авіаційних конструкційних сплавів.

Одним з перспективних і практично не досліджених напрямів, здатних ефективно вирішувати зазначені проблеми, є обробка абразивними інструментами, що обертаються, на гнучкій (полімерній) зв'язці. Крім того, даним методом (на відміну, наприклад, від віброабразивної обробки) можна обробляти без пошкодження такі елементи деталі як різьблення, зубчасте зачеплення, тонкі нежорсткі частини деталі і т.п.

Всі перераховані вище обставини не дозволяють створити єдину методику проектування операцій фінішної обробки полімерно-абразивним інструментом, стримують широке впровадження аналізованого методу обробки у виробництво, не дозволяють повною мірою використовувати його широкі технологічні можливості і не дають можливості для автоматизації/механізації операцій, що розглядаються.

РОЗДІЛ 1

АКТУАЛЬНІСТЬ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ МАШИНОБУДІВНОЇ ГАЛУЗІ

Проблема вивчення професійно важливих якостей особистості фахівців різних типів професій у сучасній психологічній науці є особливо актуальною. Розглядом проблеми професійно-важливих якостей займалися О.О. Деркач, Є.А. Клімов, Н.В. Кузьміна, В.Л. Маріщук, К.К. Платонов, В.Д. Шадріков та ін.

Професійно-важливі якості – це психологічні якості особистості, що визначають продуктивність (продуктивність, якість, результативність та ін) діяльності [9]. Іншими словами, вирішення завдання розвитку професійно-важливих якостей студентів є неодмінною умовою успішної реалізації професійних функцій майбутнього фахівця машинобудівника.

Головне завдання визначення якості підготовки кадрів для машинобудівного підприємства. Підприємствам потрібні цінні, висококваліфіковані кадри. Відповідно, визначаючи поняття якості ми виявили такі критерії та фактори, що впливають на процес навчання:

Чинники:

1. Професорсько-викладацький склад.
2. Навчально-методичне забезпечення.
3. Матеріально-технічна база.
4. Студенти (учні) та випускники.
5. Інтелектуальний потенціал навчального закладу.

Критерії:

1. Актуальність освіти, затребуваність.
2. Відповідність якості освіти міжнародним стандартам.
3. Володіння випускниками певними компетенціями.

Нині в Україні відбувається реформування та модернізація інженерного освіти. Одним із найактуальніших завдань сучасних інженерно-технічних

вузів є підготовка конкурентоспроможних інженерів різних рівнів та напрямків. Ідея модернізації системи освіти відбито у багатьох законодавчих актах, загальнополітичних документах, рішеннях кабінету України останніх років. Вона розкрита в Законі України «Про освіту», Національній доктрині освіти України. Офіційне включення української вищої школи у процес Болонських реформ ставить завдання забезпечення якості та управління якістю на одне із центральних місць у модернізації вищої освіти. З таким показником як якість освіти тісно пов'язаний результат навчання, який є системоутворюючим фактором у побудові моделі спеціаліста машинобудівного комплексу.

Ще у XVII столітті відомий німецький філософ та математик Г.Г. Лейбніц ввів у вжиток поняття «модель», розглядаючи її як зручну форму знань про навколишній світ, свого роду інформаційний еквівалент об'єкта, що конструюється в певних практичних цілях. Таке трактування залишається затребуваним і нині у багатьох галузях науки і техніки. «Модель фахівця – це опис того, чого має бути придатний фахівець, до виконання яких функцій він має бути підготовлений і якими якостями володіє»[10]. Наявність такої моделі дає можливість на науковій основі коригувати та уточнювати загалом не лише цілі та зміст професійної освіти у ВНЗ, а й дидактичний зміст навчання з конкретних блоків навчальних дисциплін відповідно до вимог та специфіки майбутньої діяльності.

Більшість авторів, наприклад, такі як С.Я. Батишев, Е.Ф. Зеєр, Є.А. Клімов, Н.В. Кузьміна, А.К. Маркова, В.Є. Радіонов, Є.Е. Смирнова, Г.В. Суходільський, Н.Ф. Тализіна, працюючи над моделлю фахівця, виділяють дві основні складові: професійні знання та особисті якості. Займаючись питаннями моделювання підготовки та професійної діяльності спеціалістів, Г.В. Суходольський вказує, що для професіографічних моделей особистості характерний вибір базових властивостей «від професії», що ґрунтується на системі вимог до спеціаліста, і на спеціальних здібностях, якими певною мірою повинен мати представник певної професії. При описі «професійної»

складової моделі, крім кваліфікаційних вимог, детально розроблених у державних стандартах, багато вчених використовують такі характеристики компетентності: спеціальна, інтелектуальна, соціально-правова; інтелектуальна ініціатива; самоорганізація; саморегуляція та ін.

Стандарти вищої освіти, що діють, побудовані на базі кваліфікаційної моделі спеціаліста. У стандартах домінує складова знань, у них не закладено можливості оцінки якості освіти на основі таких показників як готовність випускників до майбутньої професійної діяльності, рівень професійної мотивації.

Підвищення вимог до рівня та якості підготовки випускників вузів, до їхньої готовності успішно вирішувати основні завдання професійної діяльності стимулювало пошуки науково-обґрунтованих методів побудови моделі спеціаліста. Останнім часом відбувається перехід від кваліфікаційної моделі до компетентнісної, тобто орієнтованої на сферу професійної діяльності.

У компетентнісній моделі спеціаліста машинобудівного комплексу цілі освіти пов'язуються не лише з виконанням конкретних функцій, а й з інтегрованими вимогами до результатів навчального процесу. Компетентнісний підхід охоплює поряд з конкретними знаннями та навичками такі категорії, як здатність та готовність до пізнання, соціальні навички та ін. Сучасні умови висувають до випускників нові вимоги, серед яких дедалі більший пріоритет отримують вимоги системно організованих, інтелектуальних, комунікативних, самоорганізуючих засад.

«Знання, будучи розділеним на окремі предмети та дисципліни, призводить до штучного поділу окремих підходів до знання». Все частіше роботодавцям потрібна не кваліфікація, яка надто часто асоціюється з умінням здійснювати ті чи інші операції, а компетентність, в якій поєднуються кваліфікація у строгому значенні цього слова та соціальна поведінка, здатність працювати у групі, ініціативність тощо.

У роботах В.І. Байденко, І.А. Зимній, Н.В. Кузьміної, А.К. Маркової, С.А. Маруєва, Ю.Г. Татура, Ю.В. Фролова та ін. показано, що компетентність – комплексна характеристика здатності та готовності спеціаліста застосовувати вміння та навички для створення нових об'єктів наукової діяльності та технологій у різних галузях науки, техніки та галузях економіки.

Компетенція здатність застосовувати знання, вміння та особисті якості для успішної діяльності у певній галузі. При компетентнісному підході вектор стану освіти майбутнього спеціаліста машинобудівного комплексу, який у процесі навчання піддається цілеспрямованому впливу досягнення заздалегідь заданих цілей, збільшує свою розмірність. До знань, умінь та навичок додаються нові компоненти: особистісні, соціальні, комунікативні, інформаційні компетенції. Список нових компонентів може розширитися, розмірність вектора може зростати і далі. Важливим аспектом тут є не просто перерахування цих компонентів і пояснення певного рівня кінцевим результатом, а становлення молодого фахівця.

Компетентнісна модель спеціаліста машинобудівного комплексу включає 3 основні компоненти: професійну, предметну та соціальну компетенції.

Професійна сторона відображає цільову установку на професійне призначення суб'єкта навчання та включає:

- науково-дослідну діяльність (діагностичну), як найважливіший компонент інженерної діяльності, що передбачає застосування знань на практиці, здатність їх використання для аналізу та синтезу об'єктів, а також для аналізу власної діяльності, володіння організацією експерименту, методами моделювання, математичними методами та ін.;

- проектувальну (конструкторську) діяльність, що реалізує здатність передбачати майбутнє, вирішувати стратегічні завдання, проектувати та розробляти конструкцію майбутнього пристрою;

- Експлуатаційно-технічну діяльність, засновану на практичному досвіді та орієнтовану на вирішення тактичних завдань, вивчення способів

виробництва конструкцій систем, діяльність з розробки стандартів, стандартизації.

- Організаційно-управлінську діяльність як компонент інженерної діяльності, що відображає вміння інженера реалізовувати конструкторський задум, керувати технікою, виробництвом, людьми;

- виробничо-технологічну діяльність, що відбиває становище інженерних кадрів з виробництва. Реалізація цієї функції пов'язана з необхідністю технічного (авторського) нагляду за впровадженням та реалізацією техніко-технологічних рішень;

- педагогічну (виховну) діяльність, що відображає вміння спеціаліста в галузі навчання технічного персоналу нижчої та середньої кваліфікації прийомів роботи з новою технікою, а також виховні аспекти роботи з порушниками технічної та трудової дисципліни, норм спілкування та ін.

Предметна функція полягає в освоєнні знань при неухильному посиленні ролі діяльності майбутнього фахівця (професійний фактор) та зацікавленості у своїй професії (особистісний фактор). Відповідно до цих факторів при характеристиці діяльності фахівця можна виділити 2 основні частини: професійну, де аналізується структура діяльності, та предметну, де досліджуються основні галузі знань та умінь фахівця. Основною, провідною з цих частин є функціональна сторона, оскільки вона характеризує діяльність у певному напрямі (дослідному, конструкторському та інших.) і виробляє вміння, необхідних цієї діяльності. Саме цей, професійний, бік і виділяють як найважливішу основу більшість дослідників і розробників моделі фахівця. Особливу увагу приділяють формуванню у студентів широкого підходу до вирішення професійних завдань, уміння бачити проблеми не лише у межах своєї професії, а й на стику з іншими галузями знань. Для моделі спеціаліста машинобудівного комплексу це дуже важливо, оскільки предметне наповнення діяльності інженера не повинно мати абстрактного характеру, тобто знання не повинні бути штучно структуровані за галузями наук та ізольовані один від одного.

Соціальна сторона моделі фахівця передбачає наявність у майбутніх інженерів специфічних соціальних і психологічних якостей, необхідні реалізації свого функціонального призначення. Для інженера, що займається різними видами професійної діяльності (експлуатаційно-технічної, виробничо-технологічної, організаційно-управлінської, науково-дослідної), найбільш значущими є такі особисті якості, як високий рівень відповідальності (внутрішня чесність, сумлінність), установка досягнення успіху, організованість і самоконтроль, творче мислення, схильність до ризику тією чи іншою мірою, інтерес до людей та їх розуміння, емоційність. Дана сторона моделі повинна формувати насамперед соціально-особистісні якості майбутнього фахівця, під якими ми розуміємо володіння базовими інваріантними соціо-психологічними знаннями та вміннями, що зумовлюють успішність розв'язання широкого кола виробничих завдань.

Порівняємо традиційну та компетентнісну моделі спеціаліста машинобудівного комплексу (таблиця 1.1).

Таблиця 1.1

Порівняльний аналіз традиційної та компетентнісної моделі фахівця машинобудівного комплексу

Ключові елементи	Традиційна модель	Компетентнісна модель
1	2	3
Головне завдання спеціаліста	пізнання існуючого світу, його перетворення з метою задоволення зростаючих потреб товариства	пізнання світу з метою його збереження та задоволення розумних потреб товариства
Наукова основа діяльності	об'єктивні закони науки та техніки	об'єктивні закони розвитку суспільства, особистості, науки, техніки
Кількість рішень типових завдань	тільки одне правильне рішення	безліч допустимих рішень (конструктивний альтернатизм)
Критерії оцінки рішення	тільки один: правильно/неправильно	безліч критеріїв корисності,

Продовження табл.1.1

1	2	3
		ефективності, гуманітарної цілісності
Роль етики, моралі, моральності та особистісного досвіду	у них немає особливої потреби, спеціально не передбачено	необхідні для цілісного рішення єдності технічного проекту та його гуманітарної експертизи
Професійні функції спеціаліста	знання законів науки, техніки, професійної діяльності, вміння застосовувати їх на практиці в відповідно до технічних нормами	знання законів науки, техніки, професійної діяльності, вміння застосовувати їх на практиці з урахуванням моральних та інших гуманітарних аспектів
Організаційно-управлінські функції спеціаліста	знання законів соціально-економічного розвитку суспільства, володіння методами управління колективом та виробництвом із орієнтацією на техніко-економічні показники	знання законів соціально-економічного розвитку суспільства, володіння методами управління колективом та виробництвом з урахуванням соціальних, моральних та інших наслідків діяльності
Комунікативні функції спеціаліста	вміння створити трудовий настрій у колективі будь-який ціною	вміння організувати продуктивні контакти «людина-людина» по горизонталі та вертикалі з урахуванням індивідуальних особливостей учасників процесу

Як бачимо, з таблиці 1.1, компетентна модель відрізняється від традиційної не так детальнішою розробкою особистісного компонента, скільки змістом смислів і цілепокладань фахівця. Як елементи моделі тут розглядаються не тільки обов'язкові професійно-предметні та особистісно-креативні сторони моделі, а й смисли та цілепокладання, тип мислення.

Таким чином, компетентнісний підхід – це прогресивний напрямок у вдосконаленні системи освіти, який пов'язує в єдину систему, систему компетенцій, які у студентів знаються, вміння, навички з якостями їх особистості, які прийнято називати професійно значущими якостями. Модель спеціаліста, виконуючи орієнтуючу, спрямовуючу, інтегруючу, програмну та контрольну функції, є необхідним компонентом освітнього процесу та використовується як основа для побудови освітньої траєкторії та критерій якості освіти. Чи погоджуюся я з цим порівнянням моделей? Скоріше ні, ніж так. Хіба не було потреби у ролі етики, моралі, моральності та особистісного досвіду? Хіба комунікативні функції фахівця враховувалися лише в «вмінні створити трудовий настрій у будь-якому колективі ціною»? Звісно ні. У цій таблиці дуже розмежовані особисті якості, поняття етики, моралі та особистої ефективності. Аналізуючи це порівняння можна зробити припущення, що у традиційної моделі фахівця розглядаються «роботи», а чи не живі люди, яких не цікавлять ні «задоволення розумних потреб суспільства», ні альтернативні варіанти вирішення будь-яких завдань.

На підставі вищевикладеного можна сформулювати наступне визначення якості спеціаліста машинобудування – це комплекс якостей фахівця, які дозволяють кваліфіковано та вчасно виконувати професійну роботу, згідно з належною інструкцією, а також займати активну громадянську позицію відповідно до чинного законодавства, з розвитком економіки, техніки та всієї держави у загалом періодично підвищувати свою кваліфікацію.

Висновки до розділу 1

Якщо говорити про тестування, то для застосування єдиної системи оцінки якості освіти необхідне дотримання наступних правил формування системи екзаменаційних випробувань:

- професійно розроблений тест;

- відкриті зразки екзаменаційних робіт та система оцінювання для підготовки;
- відповідність змісту іспиту шкільній практиці та вимогам ЗВО;
- припинення фальсифікації результатів;
- забезпечення надійності шкалювання та виставлення балів;
- надання випробуваним можливості апеляції за результатами іспиту.

Що в принципі, застосовно на даному етапі проведення тестування як підсумкового іспиту. Але не варто забувати про нездатність тестування загалом і ціле оцінити рівень підготовки та знань здобувача освіти, у цьому не допоможе ні професійно розроблений тест, ні можливість подання апеляції, ні визначення надійного шкалювання та перевірок під час виставлення балів, оскільки це є формальним чинником. Чи то річ, усне складання іспиту, коли задаючи питання здобувачу освіти, можна справді перевірити рівень знань. У розділі про досвід зарубіжних країн у сфері контролю якості освіти, зазначено, що «особливостями європейських іспитів є орієнтація перевірки не відтворення знань учнями, а на їх застосування в новій ситуації», «практика показує, що майже у всіх країнах світу оцінка навчальних досягнень учнів провадиться тестовими методами». Відмінність від України в найважливішому – тестуванню немає підкріплення практичними знаннями. Можливо, було б ефективніше проводити тестування для отримання шкільного атестату, а для вступу до ЗВО, до балів ЄДІ, що вже є, повернути формат конкурсного відбору, співбесіди, практичного відтворення знань або хоча б пояснення бажання навчання саме на цій спеціальності. У такий спосіб ми можемо виключити, як мінімум, «втюхування» батьками, школярів, в ЗВО, для отримання «кірочки» про освіту. Може бути, не всім хотілося б, варто було б, отримувати вищу освіту, відразу після школи, як альтернатива, на момент невизначеності – здобути середньо-професійну освіту, здобути професію.

Приклад Газпром-класу для мене здався також дуже хорошим варіантом, альтернативою для застосування. В цьому випадку нас цікавить більше не перевірка підсумкових знань, а курування школярів до працевлаштування.

Так, з 9-го класу хлопці вже визначені з майбутнім місцем роботи, підвищують свої знання в цій галузі, завдяки різним екскурсій, конкурсів тощо. Плюс такої програми та підприємству, у зацікавленості школярів. Завжди краще «виростити собіподібних», ніж переучувати, чи гірше - наполягати, залучати до праці. Такий метод довузівської підготовки, на мою думку, і є сенсом цільової підготовки, а не те, що зараз прийнято називати «цільовою підготовкою», коли місця лунають знайомим, а також тим, у кого є велика ймовірність не надійти через маленькі бали, отримані за ЄДІ.

Також необхідно проводити заходи щодо зміцнення кадрової складової університету, яка здатна сприймати «нововведення», йти в ногу з часом, покращуючи свої знання та компетенції, а так само могла зацікавити навіть незацікавлених. Адже як ми з'ясували раніше, в університеті навчаються далеко не всі охочі, з палаючими очима, оскільки більшість – з непереборним бажанням батька, про здобуття вищої освіти їх чадом. На мою думку, на даний момент це найбільша проблема. По-перше, повна зміна викладацького складу неможлива з низки причин. По-друге, немає надлишку бажаючих викладати в університеті з певних причин, таких як: фінансова складова (заробіток середньостатистичного викладача, який на початку свого професійного шляху не має публікацій та додаткового навантаження).

Робота в університеті передбачає цілодобове занурення та розвиток. Знову ж таки досвід у комунікаціях (про які комунікації та публічні виступах можна говорити, коли за підсумкову точку перевірки знань взято тестування). По-третє, основна маса кваліфікованих викладачів, які мають звання хоча б трохи вище «старшого викладача», мають вік понад 40 років, що не відповідає вимогам про зміну викладацького складу на «більш молодший».

2 АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ В ОБЛАСТІ ТЕОРЕТИЧНИХ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОЦЕСУ ФІНІШНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ.

2.1 Коротка характеристика основних видів абразивної обробки

До абразивної обробки матеріалів належать: шліфування, полірування, обробка деталей вільним абразивом, обробка деталей еластичним інструментом, хонінгування та ін.

Шліфування – це різновид абразивної обробки, основними видами якої є: кругле (зовнішнє та внутрішнє); плоске (торцем та периферією); планетарне; профільне (зубо-, різьбо-, шліщешліфування); глибинне; безцентрове; обдирне.

Важливими факторами, що впливають на процес шліфування та його результати по продуктивності та якості обробленої поверхні є: матеріал абразивного зерна (штучного походження (алмаз синтетичний, ельбор, карбід бору, карбід кремнію, електрокорунд нормальний, електрокорунд білий, хромотитановий електрокорунд) кремнієвий електрокорунд, сферокорунд, формокорунд, окис хрому, двоокис торію, окис алюмінію, сапфірова пудра, двоокис цирконію, технічне скло і т.д. , магнезильна, бакелітова, вулканітова); твердість;

Полірування є фінішним процесом під час виготовлення деталей. При поліруванні відбувається зняття дуже тонких шарів з поверхні виробу, що дозволяє надати їй дуже малу шорсткість (як правило поверхня полірується до стану дзеркального блиску). Розрізняються різні різновиди полірування, наприклад: ручне, машинне, гідроабразивне, ультразвукове і т.д. Питанням полірування присвячено безліч таких робіт як [314, 342, 344, 345, 346, 349, 354 та ін.]. Багато з них [342, 344, 346] досліджується вплив режимів обробки на якість поверхневого шару.

Обробка деталей вільним абразивом включає велику різноманітність способів. До них відносяться: вібраційна (загального призначення, віброшпиндельна, вібромагнітна, вібраційна обробка прохідного типу довгомірних деталей, з додатковим коливанням контейнера або деталі, з

додатковим обертанням та поступальним рухом контейнера, ультразвукова); галтувальна в барабанах, що обертаються (відцентрово-планетарна, турбуляційна, галтувальна); у псевдокиплячому шарі (з механічним барботуванням, імпелерна, з барботуванням повітрям, з деформуванням еластичних стінок, відцентрово-ротаційна, турбоабразивна); струминна (роторно-струменева, стрічково-роторно-струменева, ударно-імпульсна, центроостремильно-струменева, відцентрово-струменева, пневмо-і гідроструменева); потоком вільного абразиву (прокачуванням суспензії, прокачуванням ущільненої суспензії, вихровим потоком суспензії з додатковими обробними елементами всередині деталі); у шарі вільного абразиву (абразивом, ущільненим інерційними силами, магнітно-абразивною, рухом деталі у шарі абразиву).

Поєднує всі ці способи та їх різновиди єдиний процес знімання матеріалу та формування обробленої поверхні та поверхневого шару. Він полягає у взаємодії вільної абразивної частинки (гранули або абразивного зерна) з оброблюваним матеріалом, в результаті якого відбувається знімання матеріалу та формування таких показників якості поверхні та поверхневого шару, як шорсткість, наклеп, залишкова напруга, шаржованість продуктами зносу і т.д.

Обробка деталей еластичним абразивним інструментом може здійснюватися наступними інструментами [59]: інструменти з шліфувальних полотен (шліфувальна шкірка і полотно, покрите абразивом у тому числі пелюсткові круги різної конструкції, абразивосодержащее полотно, неабразивне полотно з введенням; кола з абразивним покриттям; абразивовмісні кола з нетканих матеріалів з використанням синтетичних і природних волокон, а також волокон з антипригарними та антистатичними добавками; абразивні кола на зв'язці: бакелітової, вулканітової, гліфталевої, пропаної, епосикаучукової, складної синтетичної, на основі спіненого поліуритану; полімерно-абразивні щітки з абразивосодержащих ниток (радіальні, торцеві, чашкові, тарілчасті, кистьові, щітки для отворів (йорж), а

також щітки із закріпленими на ворсинах еластичними полімерно-абразивними кульками); цільнолиті полімерно-абразивні щітки (радіальні, торцеві, радіальні та торцеві із секцій); щітки із ворсу з абразивним покриттям різного конструктивного виконання; щітки зі смужок шліфувальної шкірки.

Однією з перспективних та практично не досліджених технологій фінішної обробки є обробка еластичними полімерно-абразивними колами зі зв'язкою з нетканих матеріалів та цільнолитими щітками (радіальні та торцеві).

Дана технологія здатна ефективно вирішувати актуальне завдання для сучасного машинобудування (зокрема – авіабудування) з механізації та автоматизації ручної праці при фінішних операціях, на яких застосування розглянутих вище методів абразивної обробки скрутно з цілого ряду причин. Наприклад: зменшення шорсткості до необхідних значень при обробці деталей з широко застосовуваних в авіабудуванні алюмінієвих сплавів, а також заокруглення гострих кромek на авіаційних деталях з алюмінієвих та титанових сплавів з необхідними малими розмірами та точністю.

2.2 Технології фінішної обробки полімерно-абразивними інструментами

Полімерно-абразивні інструменти можуть застосовуватися для: фінішної обробки з метою надання оброблюваної поверхні необхідної шорсткості, підготовки її під лакофарбові покриття, видалення задирок, округлення гострих кромek, попередньої обробки перед поліруванням і глянсуванням і т.д. п. При цьому оброблятися можуть різні метали та їх сплави, пластмаса, дерево, скло, кераміка та каміння [58, 59, 69].

Не можна не відзначити, що цей вид абразивного інструменту має безперечні переваги перед жорстким інструментом, що полягає в еластичності та безпеці [342].

Серед еластичних абразивних інструментів розрізняють [58, 59]: кола та щітки радіальні, торцеві, чашкові та тарілчасті, кистьові, щітки для отворів (йорж), а також щітки з ворсом із закріпленими еластичними полімерно-абразивними кульками і т.д.

Однак ці інструменти, як і будь-які інші, мають безліч особливостей, без володіння інформацією про які неможливо говорити про ефективність застосування їх у виробничих умовах.

Метою системного аналізу досліджуваної технологічної операції повинна бути розробка єдиного методологічного підходу до проектування операції фінішної обробки полімерно-абразивними інструментами, здатного забезпечувати необхідну якість (по шорсткості поверхонь, залишковим напруженням, розмірам і геометричній точності кромки) з оптимальною продуктивністю процесу кола різної жорсткості та зернистості, щітки радіальні та торцеві різноманітної конструкції та зернистості), форм оброблюваних поверхонь (плоскі та циліндричні поверхні, кромки) та їх взаємного розташування.

Впровадження процесів фінішної обробки еластичними полімерно-абразивними інструментами неминуче пов'язано з необхідністю в кожному конкретному випадку визначати оптимальні тип (еластичні полімерно-абразивні кола, щітки), конструкцію (радіальні, торцеві та ін.) інструменту, його фізико-механічні властивості, умови процесу обробки та режимні параметри обробки.

2.3 Інструментальне та верстатне забезпечення фінішної обробки деталей

В даний час велика кількість зарубіжних фірм випускає спеціальне обладнання для фінішної обробки деталей, у тому числі із застосуванням полімерно-абразивного інструменту. Наприклад, фірма Ficer (Великобританія) пропонує верстати Ernst Pluto/Titan [233, 293] для видалення ґрата, окалини та задирок на кромках, у тому числі сталевих панелей, що розрізаються полум'яними або плазовими пальниками. Обробка здійснюється вискоеластичним шліфувальним вальцем, призначеним для видалення задирок і окалини, що рясно утворюються після вирубки, плазового, газового та лазерного різання.

Фірма LissMac (Німеччина) [315] випускає верстати серій SBM-M, SBM-XL, SBM-XS та ін, інструменти яких (круглі щітки) видаляють задирки і скруглюють кромки всіх внутрішніх і зовнішніх поверхонь оброблюваних деталей з двох сторін за один прохід .

Компанією NS (Maquinas Industrials) (Португалія) [157, 321] пропонуються зачисні верстати серії DM, які призначені для обробки листового металу та деталей з нього, виготовлених штампуванням, різким, лазерним різанням або іншим типом теплового різання. Чистова обробка, видалення задирок і округлення країв досягається за допомогою різних комбінацій: комплекс абразивних головок, блок абразивних стрічок, що перетинаються, блок абразивних щіток.

Міжнародний концерн Kuка [139] пропонує серію промислових роботів, призначених для вирішення різноманітних виробничих завдань. Зокрема, ці роботи можуть використовуватися і для фінішної обробки заготовок деталей, що підтверджується на прикладі робота KUKA KR210 R2700 extra. Цей промисловий робот нині досліджується колективом авторів [96, 97, 208, 255, 256, 257, 334]. Представлено підготовку до проекту створення робототехнічного комплексу для заокруглення гострих крайок видалення задирок після фрезерування деталей. Можливості автоматичного заокруглення кутів за допомогою промислового робота та розробка системи компенсації помилок положення відносного заданого напрямку руху інструмента розглянуті також у публікації [318].

Слід зазначити, що запропоноване програмне рішення здатне лише призначати для певної щіткової установки та певного оброблюваного матеріалу відповідні режими з метою забезпечення необхідного розміру кромки, що округляє.

Обробка еластичними інструментами, на відміну від обробки жорсткими колами, має ряд специфічних особливостей. Такі інструменти не встановлюються на певну глибину різання, а необхідні умови для роботи окремих зерен створюються за рахунок їх попереднього навантаження. При

цьому деформується основа інструменту, що притискається до поверхні, що обробляється [59].

Обробка еластичними інструментами, на відміну від обробки жорсткими колами, має ряд специфічних особливостей. Такі інструменти не встановлюються на певну глибину різання, а необхідні умови для роботи окремих зерен створюються за рахунок їх попереднього навантаження. При цьому деформується основа інструменту, що притискається до поверхні, що обробляється [59].

Закріплення абразиву в пружній зв'язці докорінно змінює характер його взаємодії з матеріалом, що обробляється [59]:

- амортизується удар зерна об матеріал, у результаті підвищується його стійкість;

- виключається мікророзтріскування поверхневого шару крихких матеріалів;

- створюються умови збільшення кількості одночасно працюючих зерен;

- зменшується швидкість засолювання робочої поверхні інструменту;

- покращується процес самоочищення інструменту;

- збільшується час взаємодії абразивного зерна з оброблюваною поверхнею.

Внаслідок впливу перерахованих факторів підвищується якість обробленої поверхні.

Особливість роботи зерна на пружній основі полягає в тому, що зерно має можливість віджиматися під час роботи. При жорсткому закріпленні траєкторія руху зерна визначається тільки кінематикою процесу. Кожне абразивне зерно може переміщатися як із деформації всієї маси зв'язки, і при деформації малих її обсягів, безпосередньо які примикають до зерна [59].

Існує безліч технологій виробництва еластичних абразивних кіл. Працюючи еластичними абразивними колами може використовуватися універсальне устаткування [138].

Щітки, що обертаються, широко використовуються в промисловості для виконання найрізноманітніших операцій: очищення поверхонь від окалини, іржі, фарби, зняття задирок, округлення гострих кромek, полірування та зміцнення поверхонь з метою підвищення зносостійкості та втомної міцності деталей машин [138].

Основними характеристиками щітки є: тип щітки, матеріал та діаметр ворсинок, вільна довжина ворсу, щільність робочої частини, діаметр та ширина щітки, форма та розміри посадкового місця.

З МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕНЬ ФІНІШНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ПОЛІМЕРНО-АБРАЗИВНИМИ ІНСТРУМЕНТАМИ

3.1 Система оптимального управління проектуванням операцій фінішної обробки та її аналіз

Фінішна обробка деталей по зачистці поверхонь з метою зменшення параметрів шорсткості, усунення дефектів на поверхневому шарі від попередньої операції, видалення задирок і округлення кромek може ефективно здійснюватися, як це зазначено в розділі 1, абразивними обертовими інструментами на гнучкій (полімерній).

Для вивчення та ефективного застосування системи оптимального управління проектуванням операцій фінішної обробки полімерно-абразивними інструментами (далі скорочено: система управління фінішною обробкою або система управління) необхідний системний підхід щодо аналізу заданої проблемної ситуації. При цьому система, на основі якої вирішуватиметься проблема, є складним об'єктом, який має свої елементи та зв'язки, функції та підфункції, у тому числі існуючі в надсистемі та навколишньому середовищі.

У роботі [145] дано таке визначення системи: «Для цієї системи Σ нехай Q_p – довільна множина, а функція $R: Q \times X \rightarrow Y$ така, що:

$$(x, y) \in \Sigma \Leftrightarrow (\exists q)[R(q, x) = y].$$

Тоді Q_p – безліч (глобальних) станів, яке елементи – стану (глобальні) системи Σ .

Введена на розгляд функція R зветься глобальної реакції системи Σ .

У зв'язку з цим рішення завдання доцільно проводити при моделюванні аналізованого об'єкта у формі доступної для введення інформації в систему управління (опис, математичне подання у вигляді аналітичних і емпіричних залежностей).

Метою системного аналізу технологічної операції є розробка єдиного методологічного підходу до проектування операції фінішної обробки полімерно-абразивними інструментами щодо забезпечення необхідної якості

(за шорсткістю поверхонь, розмірів та геометричної точності кромek) з оптимальною продуктивністю процесу при великому розмаїтті конструкцій інструментів (круги жорсткості та зернистості, щітки радіальні та торцеві різноманітної конструкції та зернистості), форм оброблюваних поверхонь (плоскі та циліндричні поверхні, кромки) та їх взаємного розташування. При цьому оптимальною продуктивністю слід вважати таку продуктивність процесу обробки, при якій забезпечуються всі вимоги НТД до якості обробки при мінімальній собівартості виконання операції та наявності обмежувальних функцій.

Процес формування обробленої поверхні необхідно розглядати в континуальному середовищі, коли всі точки простору об'ємного твердого тіла мають однакові фізичні та хімічні властивості. Тому система управління фінішною обробкою, що розробляється, буде континуальною системою, що формується на основі безперервних (континуальних) середовищ (фізичних полів), властивості яких визначаються фізикою процесів і в загальному вигляді вони виконують операцію просторово-часового функціонального перетворення сигналів.

Будь-яке наукове дослідження пов'язані з встановленням залежності вплив – результат. Дія подається на вхід об'єкта (системи), результат фіксується на виході. При цьому вся система управління має бути побудована на використанні формалізованого уявлення динамічної системи у просторі станів.

Створювана система управління повинна мати такі властивості як досяжність (керованість), спостережуваність (відновлюваність) та ідентифікованість. Вона повинна складатися з вхідних параметрів, простору стану та вихідних параметрів.

Будь-яка ієрархія складається з вертикально підпорядкованих підсистем. Таким чином, вся система управління є деяким сімейством взаємодіючих між собою підсистем. Системи з вхідними та вихідними даними відносяться до орієнтованих (спрямованих) систем.

Хід реального процесу визначається вимогами щодо поведінки системи на верхньому рівні. Для нормального функціонування системи цьому рівні необхідно, щоб усі нижні рівні працювали правильно. Чим нижче проводиться спуск по ієрархії, тим більш точним і детальним стає розкриття системи, при підйомі вгору все більш ясним представляється сенс і значення всієї системи в цілому [145].

Вплив на систему подається на вхід і складається з факторів, наведених на малюнку 2.1.

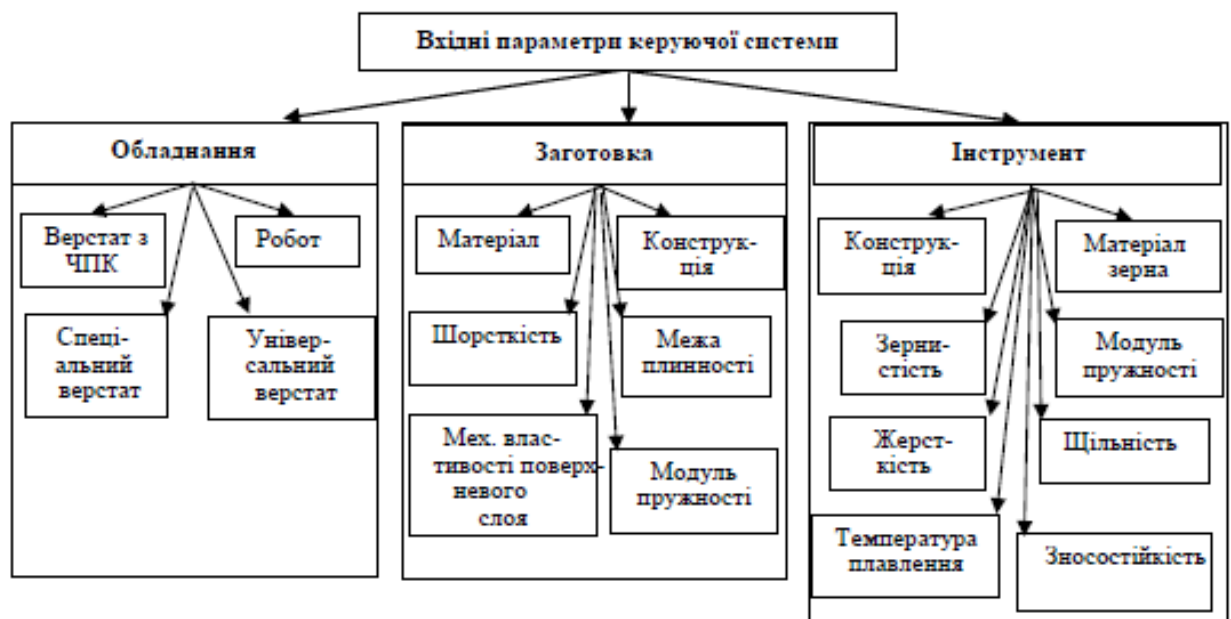


Рисунок 2.1. Вхідні параметри системи оптимального управління проектуванням операцій фінішної обробки

Обладнання для цієї операції вибирається за технологічними рекомендаціями та в залежності від наявності на виробництві.

Як обладнання для зачистки поверхонь і округлення кромek можуть використовуватися: верстати з ЧПУ, промислові роботи з встановленими на них електрошпинделями, спеціально спроектовані верстати, універсальні верстати (фрезерні, плоскошліфувальні, розточувальні тощо), а також шліфувальні машини електричні або пневматичні.

Слід зазначити, що шліфувальна машина в системі управління брати участь не може, тому що при роботі на ній керувати оптимізованими режимними параметрами неможливо.

Однак, за відсутності необхідного обладнання (виробництва бувають різного рівня оснащеності), застосування полімерно-абразивних інструментів з використанням шліфувальної машини замість напилків, шарошок, шліфувальної шкурки і т.д. п. дозволить підвищити продуктивність праці та якість обробленої поверхні чи кромки. Наприклад, подібна напівручна обробка може дати непогані результати в інших сферах інженерної діяльності, наприклад: кузовний ремонт автомобілів, будівництво, деревообробка і т.д.

Заготівля характеризується конструкцією (поєднання оброблюваних поверхонь, їх доступність для виконання операції), матеріалом, з якого вона виготовлена, та його властивостями (межа плинності, модуль пружності першого роду та механічні властивості поверхневого шару), а також тими операціями, які передбачено виконати (зачистка поверхонь, видалення задирок, заокруглення кромки) відповідно до технології виготовлення деталі.

Інструмент (еластичні полімерно-абразивні круги, радіальні та торцеві полімерно-абразивні щітки різної конструкції) призначається в залежності від операції відповідно до технологічних рекомендацій і характеризується конструкцією інструменту; механічними властивостями матеріалу зв'язки, насиченого абразивним зерном: модулем пружності першого роду, жорсткістю, щільністю (надалі "модуль пружності", "жорсткість", "щільність"); матеріалом зерна; зернистістю; температурою плавлення зв'язування інструменту та зносостійкістю.

3.2 Інструментальне забезпечення процесу фінішної обробки, обране для проведення комплексу експериментальних досліджень

Як було зазначено в главі 1, полімерно-абразивні інструменти використовуються при оздоблювально-зачистних та фінішних операціях з метою зменшення шорсткості до необхідних значень, видалення задирок, округлення гострих кромки та інших операцій.

Обробка полімерно-абразивними інструментами має ряд суттєвих особливостей, що відрізняють її від обробки шліфувальними колами. При обробці полімерно-абразивними інструментами немає такого режимного параметра обробки, як глибина різання. При цьому робота абразивних зерен забезпечується за рахунок їх попереднього навантаження, тобто деформується основа інструменту, що притискається до поверхні деталі, що обробляється. Таким чином, вводиться такий режим обробки обробки, як «деформація інструменту».

Особливістю роботи зерна в еластичній зв'язці є можливість «віджиматися» під час роботи. Кожне абразивне зерно, закріплене в пружній підставі, має можливість переміщення як при деформації всієї маси зв'язки, так і при деформації її малих обсягів, безпосередньо прилеглих до зерна. При жорсткому закріпленні траєкторія руху абразивного зерна визначається лише кінематикою процесу.

Для проведення комплексу експериментальних досліджень у галузі фінішної обробки деталей машин вирішено використовувати еластичні полімерно-абразивні кола компанії 3M (Minnesota Mining and Manufacturing Company) [270], виготовлені з абразивного матеріалу Scotch-Brite (рисунки 2.2 – 2.6 [270]). Цей матеріал складається з синтетичних волокон, що утворюють тривимірне неткане гнучке полотно, по всьому об'єму якого рівномірно розподілені абразивні зерна. Вибір даних інструментів обумовлений їхньою високою еластичністю, а, відповідно, можливістю ефективно вирішувати поставлені в цій роботі завдання, а також відсутністю аналогів, що випускаються вітчизняними підприємствами.



Рисунок 2.2 – Пресовані криги марки FS-WL



Рисунок 2.3 - Пресоване коло марки DB-WL



Рисунок 2.4 - Пелюсточне коло марки CF-FB



Рисунок 2.5 – Пелюсточні круги марки CB-ZS



Рисунок 2.6 – Пелюскові круги марки FF-ZS

Згідно з інформацією виробника [270], дані еластичні полімерно-абразивні круги забезпечують стабільну якість обробки поверхні без зайвого знімання матеріалу та без зміни форми та розміру деталі.

Для дослідження продуктивності процесу фінішної обробки (за зніманням матеріалу та округлення кромek) та якості обробленої поверхні (за шорсткістю та залишковою напругою) розроблені зразки, що являють собою пластини розмірами 3×20×100мм (рисунок 2.7), виготовлені з високоміцного алюмінієвого сплаву В95 сплаву ВТ20.

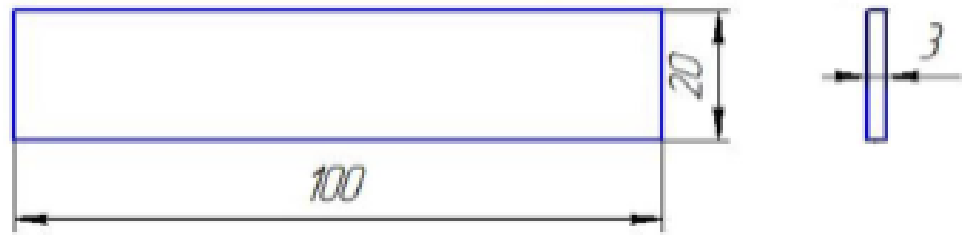


Рисунок 2.7 – Зразок для дослідження продуктивності процесу та якості обробленої поверхні

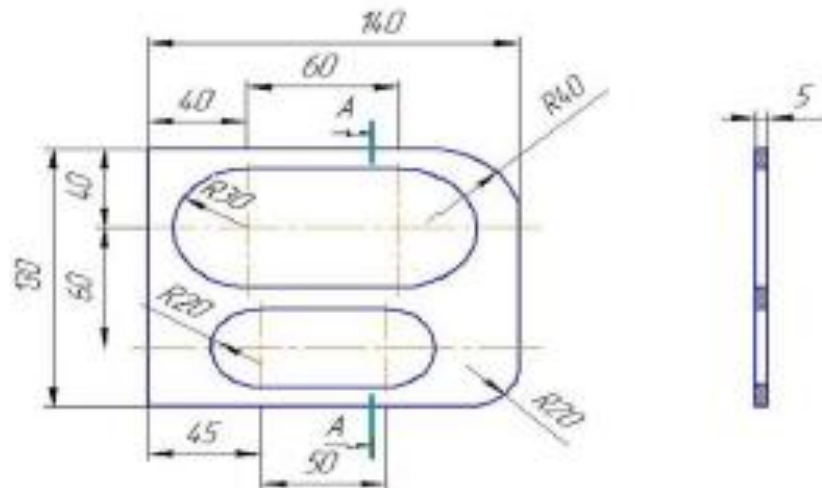


Рисунок 2.8– Ескіз 1 зразка з різним поєднанням поверхонь

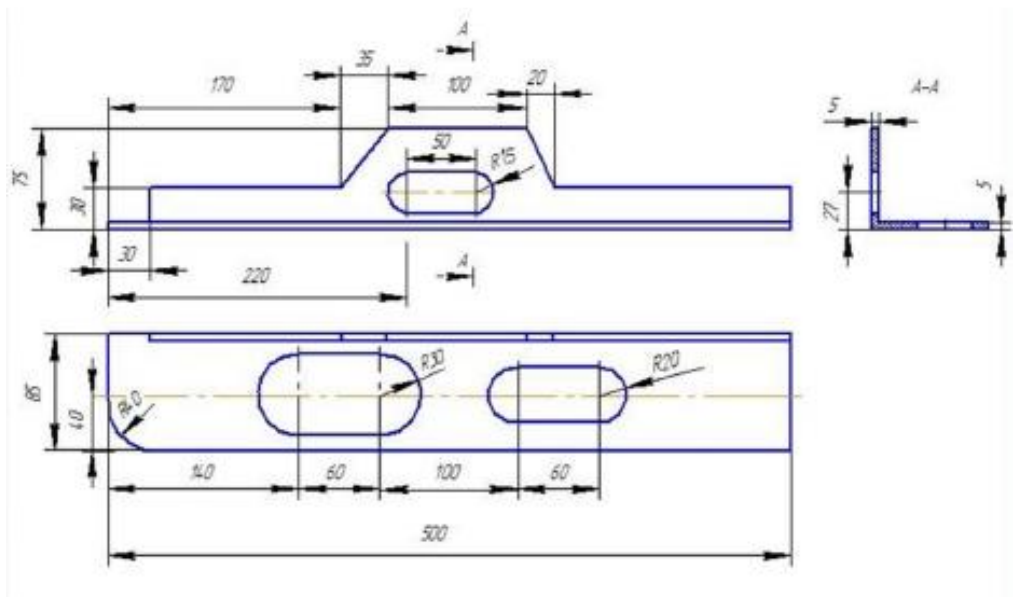


Рисунок 2.9 – Ескіз 2 зразка з різним поєднанням поверхонь

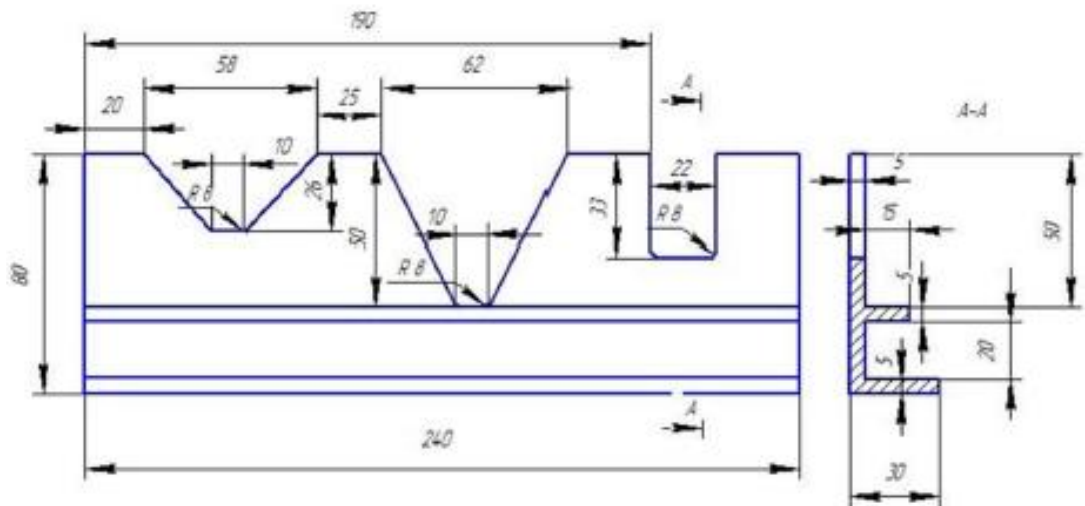


Рисунок 2.10 – Ескіз 3 зразка з різним поєднанням поверхонь

Фінішна обробка в авіабудуванні не обмежується лише обробкою простих та доступних ділянок деталей. Враховуючи це, було проведено аналіз конструктивних особливостей номенклатури деталей літака МС-21, на якій передбачені оздоблювально-зачистні операції (понад 500 найменувань) та були спроектовані та виготовлені дослідні зразки, в яких представлені можливі поєднання поверхонь, що зустрічаються на цих деталях (у тому числі на довгомірний тип профілів).

На рисунках 2.8, 2.9 та 2.10 наведено ескізи даних дослідних зразків, які були виготовлені з високоміцного алюмінієвого сплаву В95ПчТ2 та титанового сплаву ВТ20.

Технологія обробки кромek при поєднанні різних поверхонь цих зразках залежатиме від вибору інструменту та режимів обробки.

Швидкість різання еластичними абразивними інструментами, зв'язкою яких є полімер, обмежена температурою плавлення зв'язки і значно нижчою за швидкість різання при шліфуванні. Тому для проведення експериментальних досліджень вибрано сучасний вертикальний універсально-фрезерний верстат Deckel Maho DMC 635V (Німеччина) [246] (рисунок 2.11), здатний забезпечити невисоку швидкість різання. Досвідчені зразки необхідно закріплювати на столі верстата. Тому в процесі підготовки до досліджень було сконструйовано та виготовлено спеціальний пристрій.

Дослідження продуктивності та якості оброблених поверхонь при їх складних поєднаннях, представлених на малюнках 2.8, 2.9 та 2.10, вирішено проводити на роботі KUKA KR 210 R2700 EXTRA (Німеччина) [246], який показано на малюнку 2.11. На роботі встановлений електрошпиндель (рисунок 2.12) виробництва Elettromeccanica Giordano Colombo (Італія) моделі RC90 та використовується стіл виробництва Forster (Німеччина) розмірами 4000x1500 мм, який можна спостерігати на малюнку 2.11.



Рисунок 2.11 – Вертикальний обробний центр Deckel Maho DMC 635V



Рисунок 2.12 – Промисловий робот KUKA KR 210 R2700 EXTRA



Рисунок 2.13 – Електрошпиндель Elettromeccanica Giordano Colombo



Рисунок 2.14 – Балансувальна машина Haimer TD2009 Comfort Plus

Балансування інструменту доцільно проводити на модульній балансувальній системі Haimer TD2009 Comfort Plus (Німеччина), яка є в лабораторії [246], та показана на малюнку 2.14.

4. ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ПОВЕРХНІ ПРИ СКРУГЛЕННІ ГОСТРИХ КРОМОК РАДІАЛЬНИМИ ПОЛІМЕРНО- АБРАЗИВНИМИ ЩІТКАМИ ТА ЕЛАСТИЧНИМИ ПОЛІМЕРНО- АБРАЗИВНИМИ ІНСТРУМЕНТАМИ

4.1 Обробка гострих кромок полімерно-абразивними радіальними щітками

Для проведення теоретичних та експериментальних досліджень у цій роботі використовувалися щітки компанії ЗМ марок С ВВ-ZВ з вигнутими ворсинами (Рисунок 4.1) та А ВВ-ZВ – з прямими ворсинами (Рисунок 4.2). Дані щітки є тонкими дисками, виготовленими з полімерного матеріалу, що мають гнучкі ворсини по колу. По всьому об'єму полімеру рівномірно розподілені збіжжя абразивного матеріалу ЗМТМ Cubitron™.

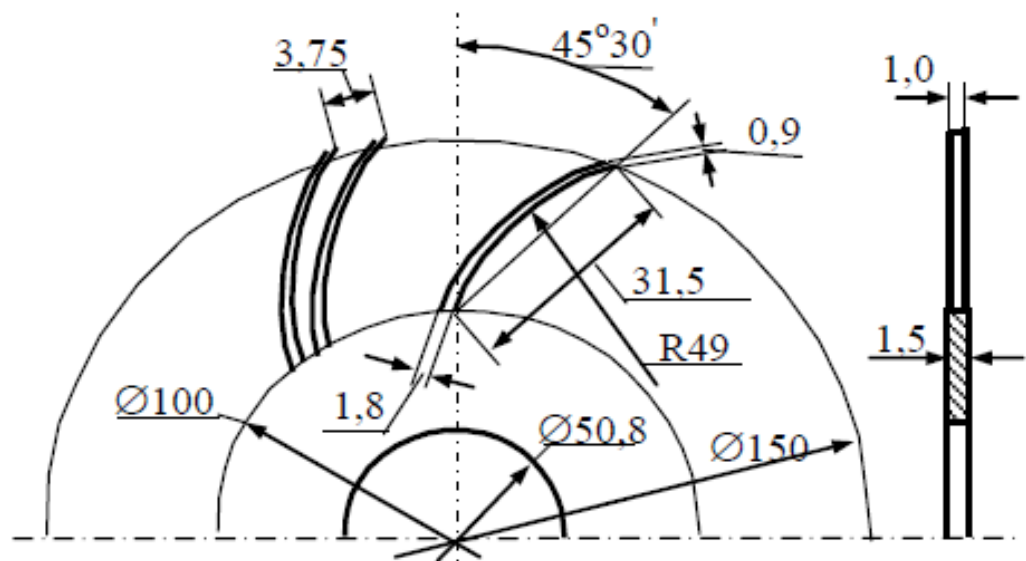


Рисунок 4.1 – Диск щітки С ВВ-ZВ, 135 ворсин

З кількох дисків, показаних на рисунках 3.1–3.2, на оправці збирається щітка практично будь-якої ширини.

Крім наведених геометричних параметрів, при дослідженні процесу обробки цим інструментом необхідно знати фізико-механічні властивості матеріалу щітки, а саме: його щільність, осьовий момент інерції та модулі пружності першого роду при згинанні та зминанні.

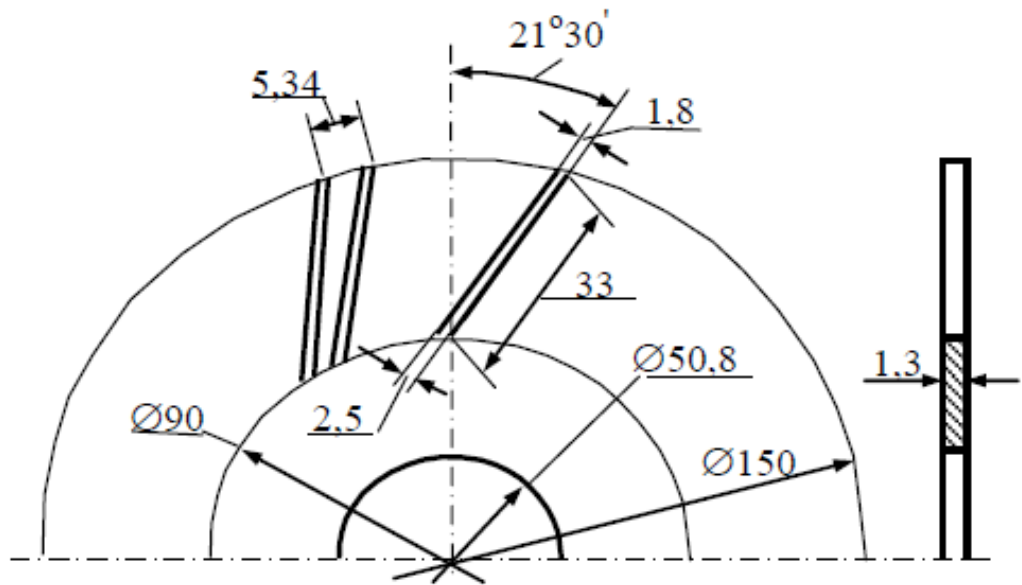


Рисунок 4.2 – Диск щітки А ВВ-ZB, 90 ворсин

Щільність матеріалу γ визначалася шляхом зважування диска на аналітичних вагах і визначення обсягу витісненої рідини при розміщенні диска в згорнутому стані в мензурку. Результати обчислення щільності наведено у таблиці 3.1.

Модуль пружності першого роду вигин визначався на самостійно виготовленій установці, наведеної малюнку 3.3.

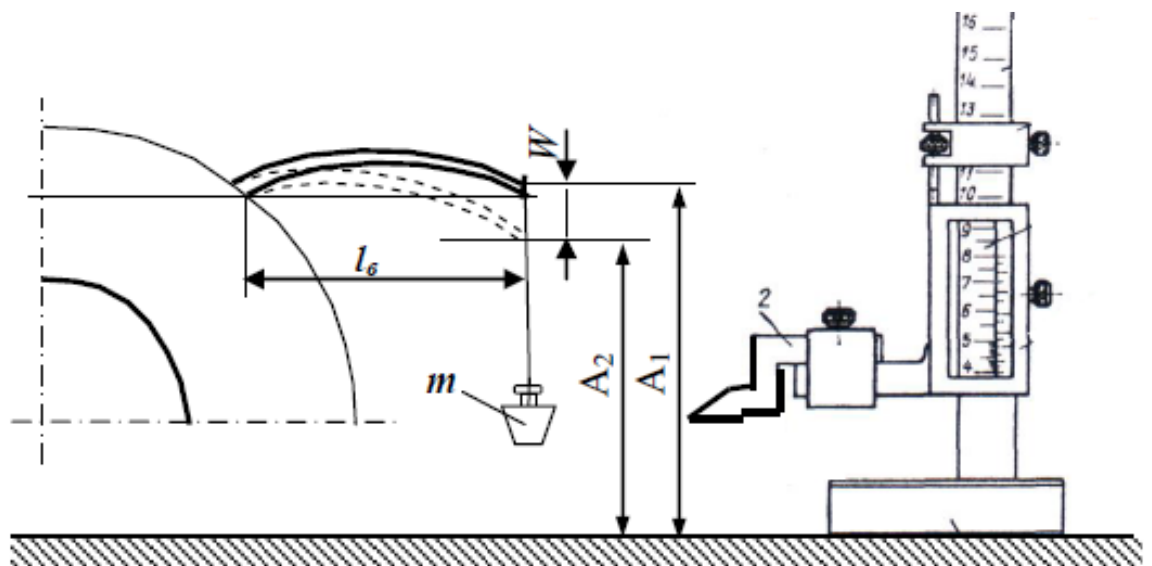


Рисунок 4.3 – Схема визначення прогину ворсини для розрахунку модуля пружності на вигин E

Диск закріплювався в лещатах так, щоб одна з ворсин розташовувалась строго горизонтально, рейсмасом вимірювалася відстань A_1 від плити до вершини ворсини, потім на кінець ворсини вішався вантаж m і вимірювався розмір A_2 . Деформація визначалася як $W = A_1 - A_2$. Вимірювання робилися на двох ворсинах.

Результати вимірювання та розрахунку напруги, а також модуля пружності для досліджених щіток представлені в таблиці 3.1.

Марка	Щільність г/см ³	Зерни- стість	P , Н	W_1 , мм	W_2 , мм	E_1 , Н/мм ²	E_2 , Н/мм ²	$E_{1,2}$, Н/мм ²	$E_{ср}$, Н/мм ²
С ВВ-ZB P120	1,586	P120	0,0196	2,4	2,5	274,6	263,6	269,1	268,1
			0,049	6,0	7,5	274,6	263,6	269,1	
			0,098	10,2	13,0	321,1	353,2	288,1	
С ВВ-ZB P220	1,510	P220	0,0098	2,0	1,0	164,8	329,6	247,2	252,2
			0,0196	3,5	2,5	188,3	263,6	225,9	
			0,049	7,5	6,0	219,7	274,6	247,1	
			0,098	12,0	10,8	274,6	305,2	289,9	
С ВВ-ZB P400	1,647	P400	0,0098	1,5	2,2	219,7	149,8	184,7	235,6
			0,0196	3,0	3,2	219,7	206,0	212,8	
			0,049	6,5	6,8	253,5	242,3	247,9	
			0,098	11,0	11,2	299,6	294,3	296,9	
А ВВ-ZB P36	1,667	P36	0,049	1,8	1,7	280,6	297,1	288,8	318,4
			0,098	3,2	3,3	315,6	306,1	310,8	
			0,196	6,2	6,7	325,8	301,5	313,6	
			0,49	13,0	15,2	388,5	332,3	360,4	
А ВВ-ZB P50	1,545	P50	0,0196	0,8	0,8	252,5	252,5	252,5	311,3
			0,049	1,5	1,8	336,7	280,6	308,6	
			0,098	3,2	3,2	315,6	315,6	315,6	
			0,196	6,2	6,0	325,8	336,7	331,2	
			0,49	15,0	14,0	336,7	360,7	348,7	

Отримані матеріали необхідні розробки теоретичних положень визначення сил, які у процесі обробки, і навіть показників якості обробленої поверхні та продуктивності процесу обробки.

3.2 Обробка гострих кромek еластичними полімерно-абразивними колами

Експерименти з обробки кромek зразків з алюмінієвого сплаву В95пчТ2 проводилися на універсально-фрезерному верстаті при частотах обертання кола $n = 500, 1000, 1250, 1600$ об/хв. Подача вздовж кромek та деформації кола варіювалися в межах, наведених у таблиці 3.2.

У таблиці 3.2 прийнято такі позначення: D_k – діаметр кола, мм; B_k – ширина кола, мм; d_k – діаметр отвору, мм.

Таблиця 3.2 - Параметри еластичних полімерно-абразивних кіл

Круг	D_k , мм	B_k , мм	d_k , мм	Абра- зив	Зерни- стість Z , мкм	Подача S , мм/хв	Деформація ΔY , мм
CF-FB-0,5AFIN	193	50	76,5	Al_2O_3	45-50	33, 52, 82, 130	3; 3,5; 4; 4,5
FS-WL-2SCRS	147	26	25,4	SiC	~100	104, 130, 160, 200	1,5; 2; 2,5; 3
CB-ZS P180	75	45	-	SiC	80	130, 200, 255, 395	1; 2; 3; 4
FF-ZS ACRS	75	45	-	SiC	~100	130, 200, 255, 395	1; 2; 3; 4

При обробці кромок еластичним полімерно-абразивним колом на деталі формується поверхня ABC (Рисунок 4.4), яка характеризується неправильною геометричною формою та нерівністю розмірів X та Y .

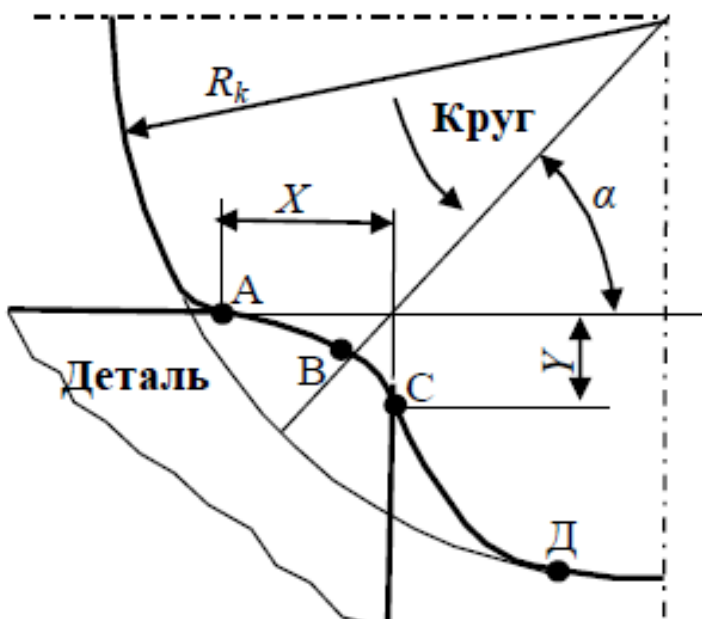


Рисунок 4.4 – Схема формування округленої кромки еластичним полімерно-абразивним колом

Якби матеріал кола володів ідеально пружними властивостями, то при куті $\alpha = 45^\circ$ розміри X і Y були б рівними.

$$\sigma + n\dot{\sigma} = \chi\dot{\epsilon},$$

де σ та $\dot{\sigma}$ – напруження та швидкість зміни напруження; $\dot{\epsilon}$ – швидкість зміни відносної деформації; n та χ – коефіцієнти.

Параметрами, які характеризують в'язкі властивості, у цьому рівнянні є швидкість напруги та швидкість деформації. Від цих величин залежить положення точки на кромці деталі. При в'язкому зменшенні деформації контакт кола з кромкою деталі припиняється (точка З) раніше, ніж станеться повне відновлення кола (точка Д).

Таким чином, для забезпечення рівності розмірів X і Y , необхідно вибирати відповідне значення кута α (аналогічно вибору кута при заокругленні кромки радіальними полімерно-абразивними щітками).

Вимірювання розмірів X , Y та r виконувалося на великому інструментальному мікроскопі з цифровим пристроєм для відліку БМІ 1Ц з точністю 1 мкм.

Для проведення досліджень впливу режимних параметрів обробки на продуктивність процесу та якість отриманих радіусів заокруглення необхідно визначити обмежувальні значення деформації кола (ΔY) та положення кола щодо оброблюваної кромки.

Найбільші значення деформації кола ΔY набували з умов стійкості кола. 4 мм. Встановлено, що перевищення зазначеної величини призводить до інтенсивного зношування кола.

На відносне відхилення від симетричності розташування радіуса заокруглення δ істотно впливає положення кола щодо оброблюваної кромки – кут α .

Відносне відхилення від симетричності розташування радіуса заокруглення залежить від співвідношення розмірів X і Y . Оптимальне розташування радіуса відповідає $\delta = 0$, т. е. рівності розмірів X та Y . Це досягається шляхом вибору відповідного кута α .

На рис. -ZS P180 та FF-ZS ACRS – 16о.

При збільшенні деформації ΔY (Рисунок 4.6) кола CF-FB 0,5A FIN значення δ збільшується, для кіл FS-WL 2S CRS, CB-ZS-P180 та FF-ZS ACRS – зменшується. Це пояснюється різницею у жорстких характеристиках досліджених інструментів.

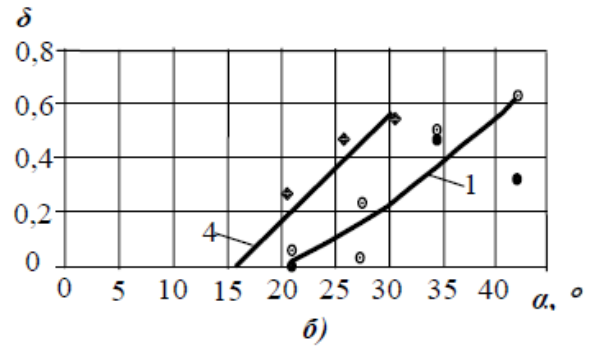
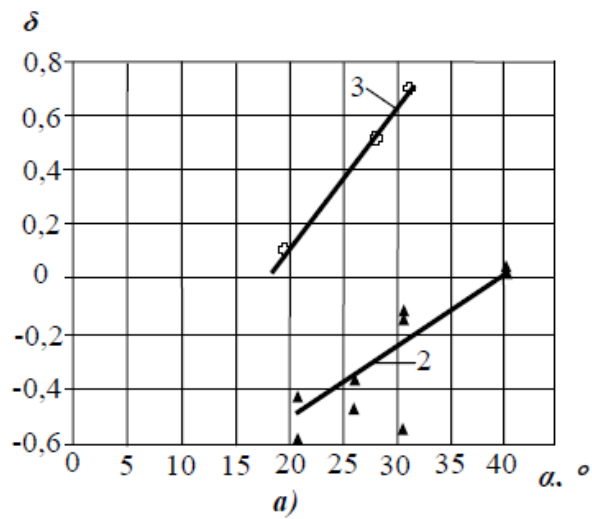


Рисунок 4.5 – Залежності відносного відхилення від симетричності розташування радіуса заокруглення від кута для інструментів

1 – Коло CF-FB 0,5A FIN при $\Delta Y=4$ мм, $V=606,3$ м/хв, $S=82$ мм/хв;

2 - Коло FS-WL 2S CRS при $\Delta Y=2$ мм, $V=462,4$ м/хв, $S=130$ мм/хв;

3 - Коло CB-ZS P180 при $\Delta Y=2$ мм, $V=377$ м/хв, $S=130$ мм/хв;

4 – Коло FF-ZS ACRS при $\Delta Y=2$ мм, $V=377$ м/хв, $S=255$ мм/хв.

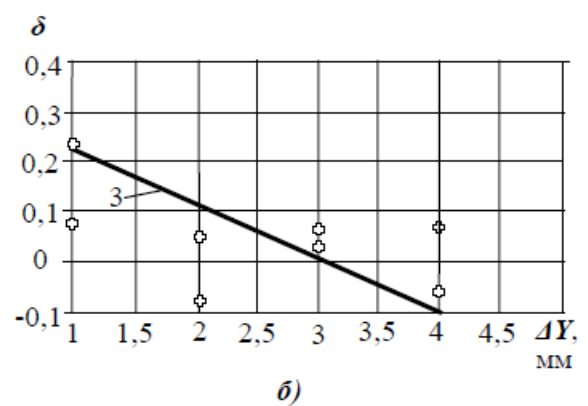
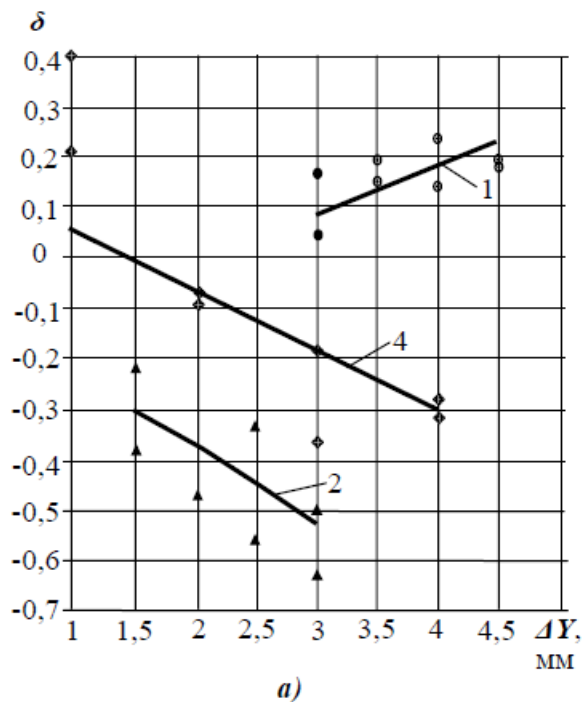


Рисунок 4.6 – Залежності відносного відхилення від симетричності розташування радіуса заокруглення від деформації Y для інструментів

1 - Коло CF-FB 0,5A FIN при $\Delta Y=27,80$, $V=606,3$ м / хв, $S=82$ мм / хв;

2 - Коло FS-WL 2S CRS при $\Delta Y=26,20$, $V=462,4$ м / хв, $S=130$ мм / хв;

3 – Коло CB-ZS P180 при $=16,260$, $V=377$ м/хв, $S=130$ мм/хв;

4 - Коло FF-ZS ACRS при $= 16,260$, $V = 377$ м / хв, $S = 130$ мм / хв.

Встановлено, що зміна швидкості різання і подачі не впливає на показник α . Це підтверджено статистичною обробкою експериментальних даних [199]. 0,95) за рівня значимості 0,95.

За допомогою даного показника відносної похибки форми радіусу можна охарактеризувати геометричну точність радіусу заокруглення.

для точного (f) та середнього (m) класів точності – $\pm 0,2$ мм;

для грубого (c) та дуже грубого (v) класів точності – $\pm 0,4$ мм.

На підставі експериментальних даних встановлено залежність відносної похибки по круглості k від швидкості різання V і наведено на малюнку 3.7. Встановлено, що значення k змінюються у діапазоні від 0 до 0,25. При цьому встановлено, що при радіусі до 1 мм похибка форми знаходиться в межах 0,25 мм, що відповідає вимогам ГОСТ 30893.1-2002 для грубого і дуже грубого класів точності. Для точного та середнього класу точності при найбільшому значенні $k = 0,25$ допустимим значенням похибки форми відповідає радіус до 0,8 мм.

Доведено, що якщо забезпечити рівність нулю параметра, то відносна похибка форми радіуса k зменшиться.

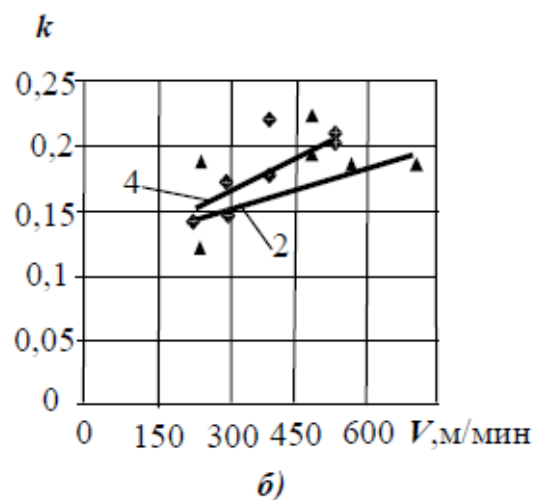
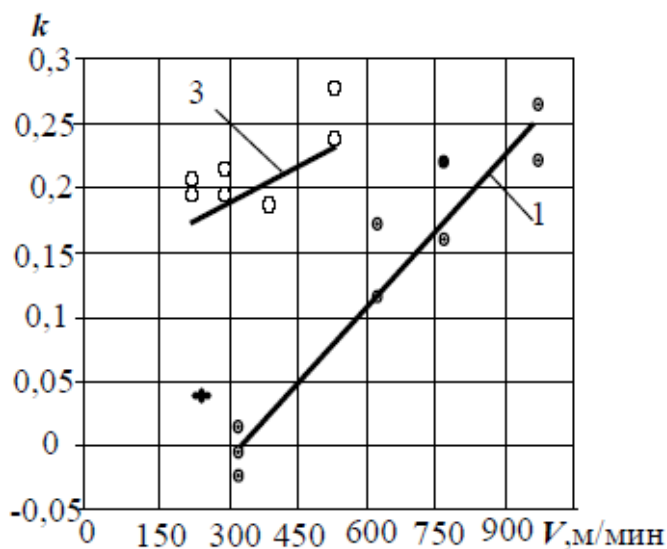


Рисунок 4.7 – Залежність відносної похибки форми радіуса k від швидкості різання V для інструментів

- 1 - Коло CF-FB 0,5A FIN при $\Delta Y=4$ мм, $\alpha=27,80$, $S=82$ мм/хв;
- 2 - Коло FS-WL 2S CRS при $\Delta Y=2$ мм, $\alpha=26,20$, $S=130$ мм/хв;
- 3 - Коло CB-ZS P180 при $\Delta Y=2$ мм, $\alpha=16,260$, $S=130$ мм/хв;
- 4 – Коло FF-ZS ACRS при $\Delta Y=2$ мм $\alpha=16,260$, $S=130$ мм/хв.

У таблиці 3.2 наведено експериментальні дані параметра k залежно від зміни подачі S та деформації кола ΔY (див. таблицю 3.2), за якими встановлено, що подача S та деформації кола ΔY не впливають на даний параметр. [199]. Відношення дисперсії фактора (подачі) SA_2 до генеральної дисперсії S_{02} ($F = SA_2/S_{02}$) всім інструментам виявилось менше квантиля розподілу Фішера $F(0,95)$ при рівні значимості 0,95.

Таблиця 3.2 – Експериментальні дані зміни параметра k залежно від деформації ΔY

Інструмент	$\alpha, ^\circ$	$S, \text{мм/хв}$	$V, \text{м/хв}$	$\Delta Y, \text{мм}$	k
Круг CF-FB-0,5AFIN	27,8	82	606,3	3	0,1; 0,23
				3,5	0,06; 0,15
				4	0,13; 0,17
				4,5	0,09; 0,28
Круг FS-WL-2SCRS	26,2	130	462,4	1,5	0,03; 0,09
				2	0,19; 0,23
				2,5	0,02; 0,08
				3	0,03; 0,21
Круг CB-ZS-P180	16,26	130	377	1	0,02; 0,09
				2	0,12; 0,18
				3	0,16; 0,26
				4	0,19; 0,23
Круг FF-ZS-ACRS	16,26	130	377	1	0,12; 0,18
				2	0,18; 0,21
				3	0,22; 0,39
				4	0,15; 0,2

Експериментальними дослідженнями фактичного радіусу заокруглення від режимних параметрів обробки встановлено наступне:

зі збільшенням величини деформації інструменту Y , фактичний радіус округлення для всіх досліджених кіл збільшується. Це тим, що із збільшенням

деформації зростає вертикальна складова сили, отже, і збільшується глибина запровадження одиничних зерен в оброблюваний матеріал;

зі збільшенням швидкості обертання V , фактичний радіус заокруглення збільшується. Це пов'язано зі збільшенням динамічної складової сили удару абразивного зерна по поверхні, що обробляється;

зі збільшенням подачі вздовж кромки S фактичний радіус округлення зменшується. Це пояснюється тим, що зі збільшенням подачі вздовж кромки зменшується час обробки (при однаковій деформації та швидкості обертання).

Залежності фактичного радіусу округлення r_f від деформації інструменту Y , швидкості обертання V , подачі вздовж кромки S мають характер, аналогічний залежностям, отриманим при дослідженнях округлення гострих крайок торцевими полімерно-абразивними щітками.

5. МЕХАНІЗАЦІЯ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ ФІНІШНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІВ З ЗАСТОСУВАННЯМ ПОЛІМЕРНО-АБРАЗИВНОГО ІНСТРУМЕНТА

Механізація та автоматизація процесів фінішної обробки деталей успішно вирішується із застосуванням промислових роботів та спеціального обладнання.

Враховуючи особливості обробки поверхонь на роботах, пов'язані з низькою жорсткістю кріплення шпинделя в порівнянні зі звичайними металорізальними верстатами та можливістю появи коливальних явищ при обробці, необхідно провести спеціальні дослідження обробки крайок із застосуванням промислового робота.

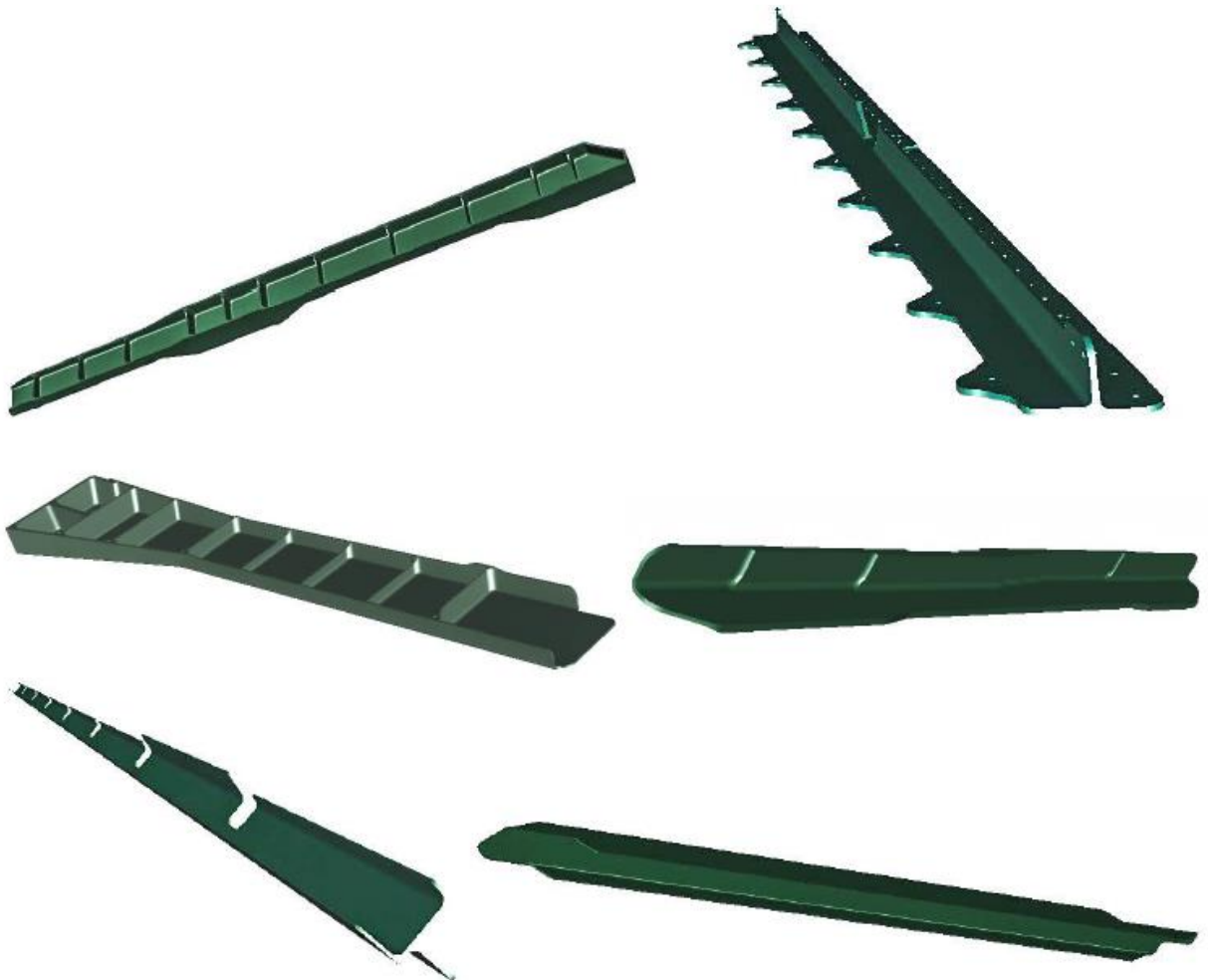


Рисунок 5.1 – Приклади типових конструкцій довгомірних деталей літаків

При цьому режимні параметри обробки деформації інструменту, швидкості різання (частоті обертання для торцевих щіток) і подачі при

дослідженнях доцільно прийняти завищеними в порівнянні з допустимими, встановленими дослідженнями. Це необхідно для з'ясування впливу завищених режимів на якість обробленої поверхні у зв'язку з низькою жорсткістю робототехнічного комплексу та можливістю у перспективі використання нових, більш стійких інструментів.

Технологія обробки крайок при поєднанні різних поверхонь на подібних деталях залежатиме від обладнання, вибору інструменту, режимів і стратегій обробки.

4.1 Технологія роботизованої обробки кромek на авіаційних деталях

Дослідження проводилися на робототехнічному комплексі (далі – РТК), який включає:

- промисловий робот KUKA KR 210 R2700 EXTRA (Німеччина)
- електрошпиндель виробництва Elettromeccanica Giordano Colombo (Італія) моделі RC90
- стіл виробництва Forster (Німеччина) розмірами 4000x1500 мм.

Балансування інструменту проводилося з метою мінімізації можливої вібрації в процесі обробки на модульній системі балансування Haimer TD2009 Comfort Plus (Германія). Балансування проводилося за ГОСТом ISO 1940-1-2007 «Вібрація. Вимоги до якості балансування роторів. Частина 1. Визначення допустимого дисбалансу за класом точності балансування G6,3.

Полімерно-абразивні щітки є дуже ефективними інструментами для заокруглення гострих кромek на деталях у літакобудуванні, ракетобудуванні та інших галузях машинобудування, що підтверджується власними дослідженнями в цій галузі. В даний час щітки випускаються рядом фірм, наприклад, компанією 3M (Minnesota Mining and Manufacturing Company) [270], компанією C. Hilzinger-Thum [298], фірмою August Ruggeberg PFERD-Werkzeuge [323], фірмою OSBORN International [322], компанією LIPPERT UNIPOL [196], компанією HOFFMANN GROUP [300], фірмою Hommel Hercules Werkzeughand-del [301], компанією Eisenblatter [290] та ін.

При дослідженнях використовувалися радіальні щітки компанії ЗМ марок З ВВ-ZВ з вигнутими ворсинами $\varnothing 150$ мм (135 ворсин) та $\varnothing 50$ мм (Рисунок 5.2) та А ВВ-ZВ – з прямими ворсинами (90 ворсин).

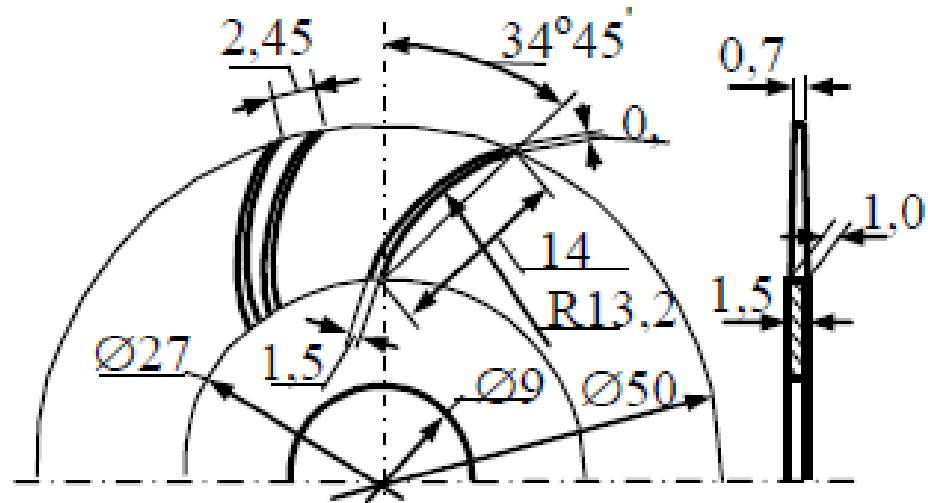


Рисунок 5.2 – Диск щітки С ВВ-ZВ $\varnothing 50$, 64 ворсини

Конструкція щітки торцевої щітки $\varnothing 75$ мм – на малюнку 4.3, щітки торцевої $\varnothing 50$ мм – на малюнку 4.4.

Щітка $\varnothing 115$ мм складається з 36 рядів, в ряді 15 ворсин, всього 540 ворсин.

Щітка $\varnothing 50$ мм містить 6 рядів у 1-му ряді 27 ворсин, у 2-му – 33, у 3-му – 38, у 4-му – 45, у 5-му – 52, у 6-му – 58.

Щітка $\varnothing 75$ мм містить 8 рядів у 1-му ряді 42 ворсин, у 2-му – 49, у 3-му – 56, у 4-му – 62, у 5-му – 68, у 6-му – 75, у 7-му – 80, у 8-му – 86.

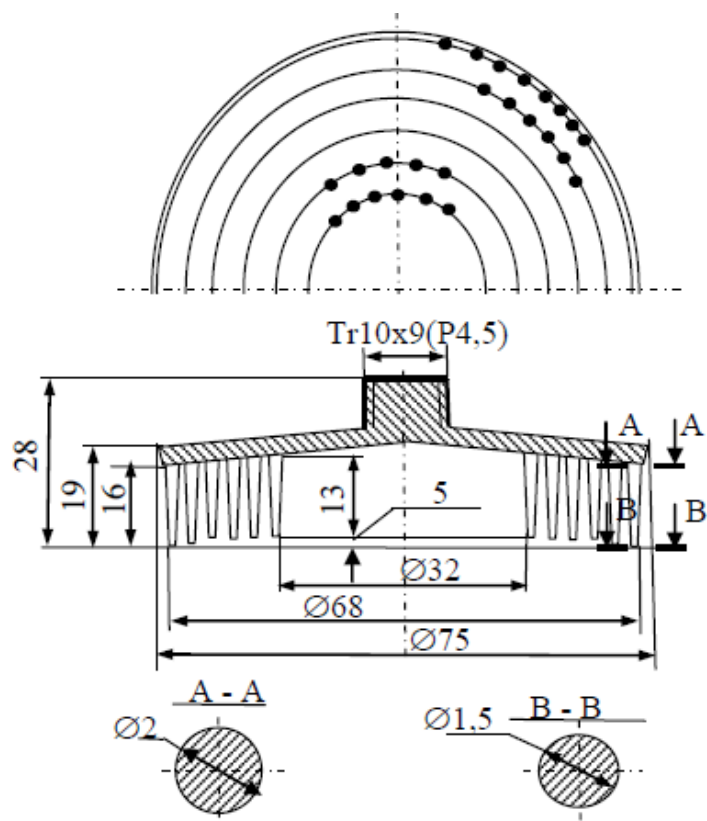


Рисунок 5.3 – Торцева щітка $\varnothing 75$ мм з 8 рядів і 518 ворсин.

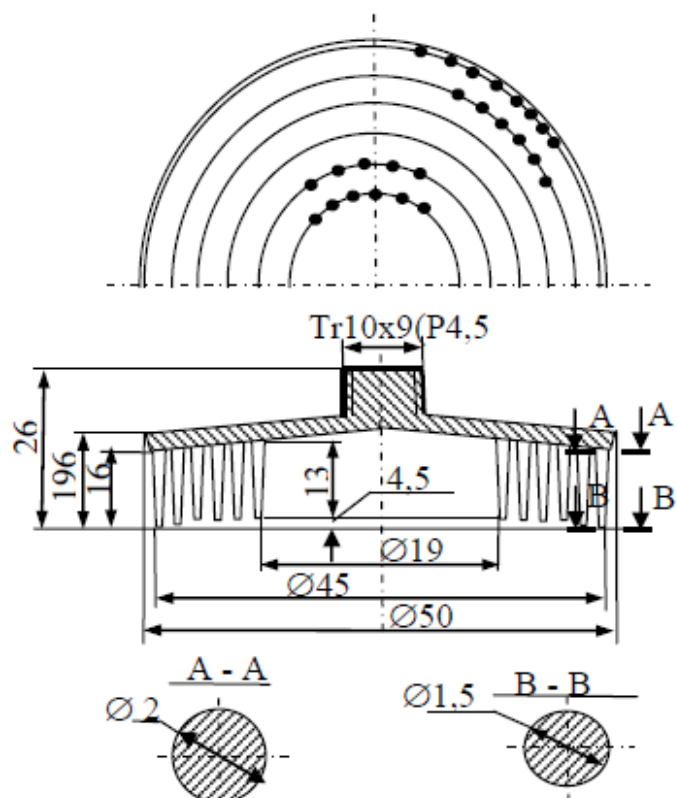
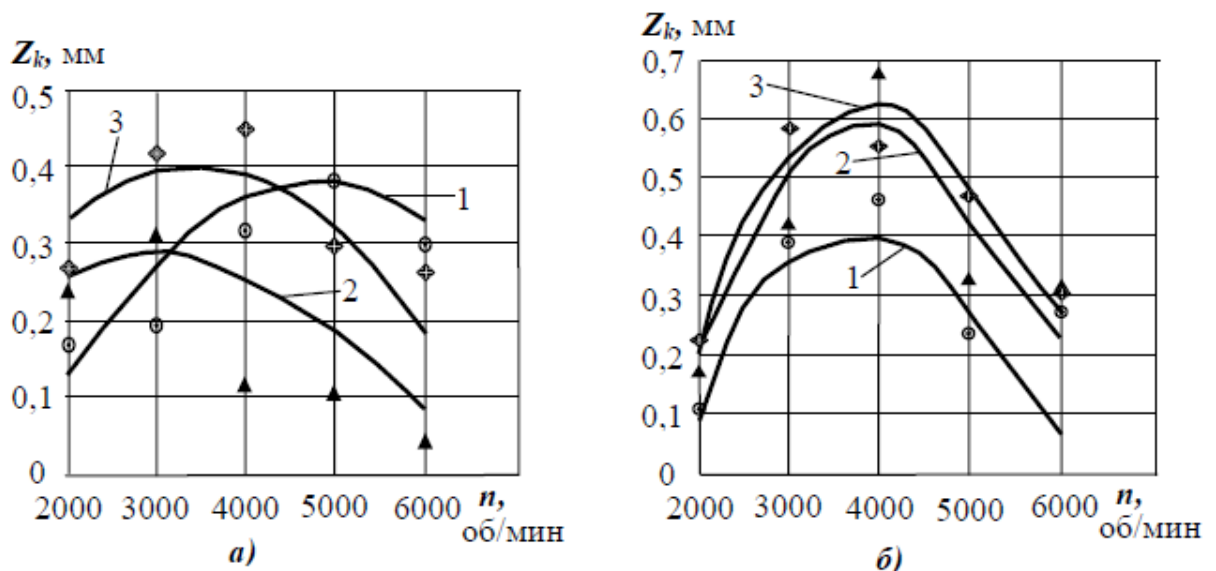


Рисунок 5.4 – Торцева щітка $\varnothing 50$ мм складається з 6-и рядів та 253-х ворсин

В результаті проведених експериментів встановлені екстремальні залежності розміру кромки від частоти обертання (Рисунок 5.5) як при обробці сплаву В95пчТ2, так і при обробці сплаву ВТ20.

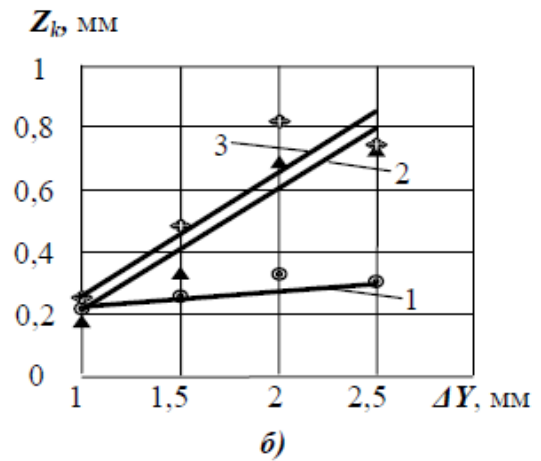
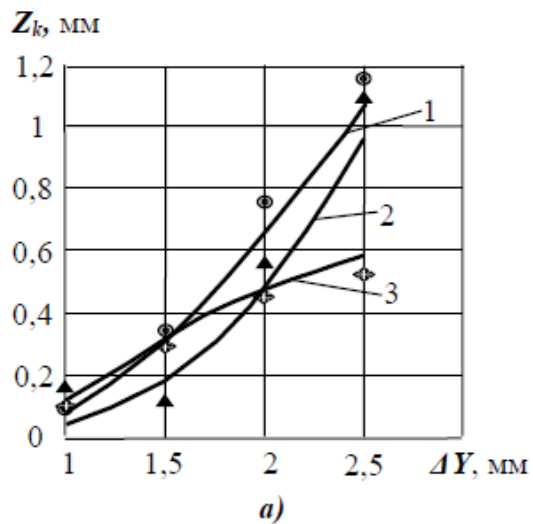
Це пов'язано із запізненням розпрямлення ворсин (через пружно-в'язких властивостей матеріалу ворсини) після проходження кромки, в результаті чого наступне торкання відбувається при меншій деформації ворсини, а отже при меншій силі взаємодії з кромкою.

На підставі цих даних слід вважати, що частоту обертання понад 3000 об/хв для матеріалу В95пчТ2 та 4000 об/хв – для матеріалу ВТ20 застосовувати не рекомендується.



1 - BD-ZB Bristle P50; 2 - BD-ZB Bristle P80; 3 - BD-ZB Bristle P120.

Рисунок 5.5 – Залежність Z_k від частоти обертання торцевої щітки при $\Delta Y=1,5$ мм; $A=45$ мм: а – для В95пчТ2 при $S=400$ мм/хв; б - для ВТ20 при $S=200$ мм / хв



1 - BD-ZB Bristle P50; 2 - BD-ZB Bristle P80; 3 - BD-ZB Bristle P120.

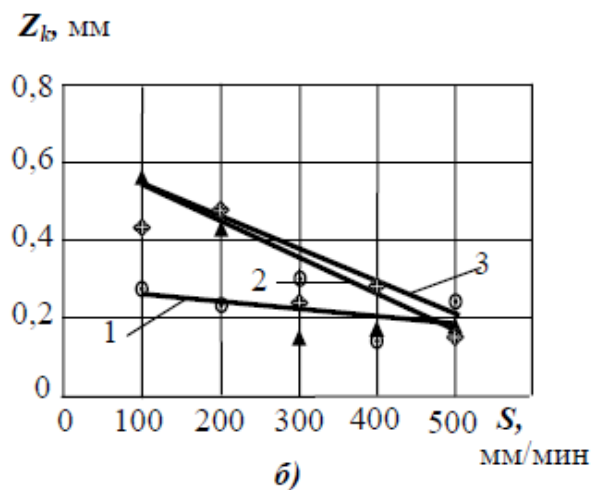
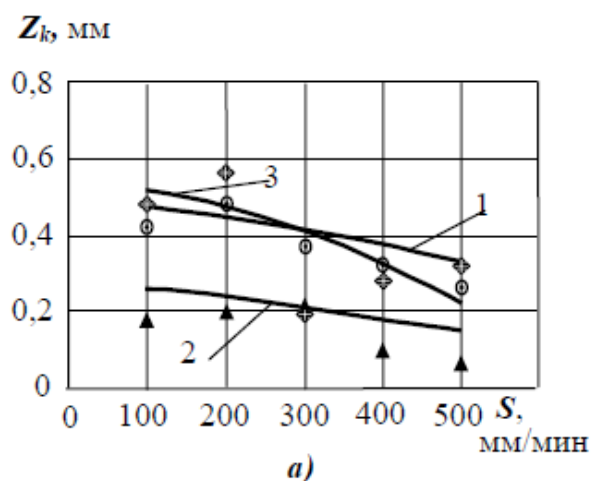
Рисунок 5.6 – Залежність Z_k від деформації торцевої щітки при $n=5000$ об/хв; $A=45$ мм: а – для В95пчТ2 при $S=400$ мм/хв; б - для BT20 при $S = 200$ мм / хв

Залежність розміру кромки від деформації щітки наведено малюнку 4.6. Зі збільшенням деформації розмір кромки зростаємо у зв'язку із збільшенням сили різання.

Зі збільшенням подачі розмір кромки зменшується (Рисунок 5.7).

Висновок про значимість впливу фактора ΔY , n і S на величину Z_k отримано з використанням критерію Фішера. $F_{0,95}$ - критерій Фішера при довірчій ймовірності 0,95. Цей критерій за ступені свободи $f_1 = k - 1 = 3$ і $f_2 = k(n - 1) = 8$ за довідковими даними [199] дорівнює $F_{0,95} = 4,1$.

Довірчі межі визначені як $\pm S_{0xt}$, де t – квантиль Стюдента. За кількості ступенів свободи 11: $t = 2,20$ (таблиця 4.1).



1 - BD-ZB Bristle P50; 2 - BD-ZB Bristle P80; 3 - BD-ZB Bristle P120.

Рисунок 5.7 – Залежності Z_k від подачі щітки торцевої при $n=5000$ об/хв;

$\Delta Y=1,5$ мм; $A=45$ мм: а – для В95пчТ2; б – для ВТ20

Таблиця 4.1 – Результати дисперсійного аналізу залежностей величини Z_k від частоти обертання n , деформації інструменту ΔY та подачі вздовж кромки S

Марка щітки	Оброблюваний матеріал	Функція	$S_A^2, \text{мм}^2$	$S_0^2, \text{мм}^2$	$F=S_A^2/S_0^2$	Значимість впливу фактора	Довірчі границі $S_0 \cdot t, \text{мм}$
BD-ZB Bristle P50	В95ПчТ2	$Z_k = f(\Delta Y)$	0,68168	$8,33 \cdot 10^{-5}$	8180,1	значимо	$\pm 0,02$
		$Z_k = f(n)$	0,02872	$4,79 \cdot 10^{-5}$	599,464	значимо	$\pm 0,01523$
		$Z_k = f(S)$	0,01048	$7,83 \cdot 10^{-4}$	13,372	значимо	$\pm 0,06157$
	ВТ20	$Z_k = f(\Delta Y)$	$8,267 \cdot 10^{-3}$	$8,33 \cdot 10^{-5}$	99,2	значимо	$\pm 0,02$
		$Z_k = f(n)$	0,081	$3,33 \cdot 10^{-5}$	2430,0	значимо	$\pm 0,0127$
		$Z_k = f(S)$	0,01046	$3,17 \cdot 10^{-4}$	33,0175	значимо	$\pm 0,03915$
BD-ZB Bristle P80	В95ПчТ2	$Z_k = f(\Delta Y)$	0,57408	$8,33 \cdot 10^{-4}$	688,89	значимо	$\pm 0,06351$
		$Z_k = f(n)$	0,03428	$4,79 \cdot 10^{-5}$	715,406	значимо	$\pm 0,01523$
		$Z_k = f(S)$	$9,275 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-4}$	92,75	значимо	$\pm 0,022$
	ВТ20	$Z_k = f(\Delta Y)$	0,20713	$8,33 \cdot 10^{-5}$	2485,6	значимо	$\pm 0,02$
		$Z_k = f(n)$	0,144	$7,75 \cdot 10^{-4}$	185,807	значимо	$\pm 0,06125$
		$Z_k = f(S)$	0,11592	$3,08 \cdot 10^{-4}$	375,955	значимо	$\pm 0,03863$
BD-ZB Bristle P120	В95ПчТ2	$Z_k = f(\Delta Y)$	0,0979	$1 \cdot 10^{-4}$	979,0	значимо	$\pm 0,022$
		$Z_k = f(n)$	0,02401	$3,33 \cdot 10^{-5}$	720,25	значимо	$\pm 0,0127$
		$Z_k = f(S)$	0,08203	$4,5 \cdot 10^{-4}$	182,29	значимо	$\pm 0,04667$
	ВТ20	$Z_k = f(\Delta Y)$	0,21839	$9,17 \cdot 10^{-5}$	2382,394	значимо	$\pm 0,02106$
		$Z_k = f(n)$	0,07959	$8 \cdot 10^{-4}$	99,486	значимо	$\pm 0,06222$
		$Z_k = f(S)$	0,0427	$1,4 \cdot 10^{-3}$	30,498	значимо	$\pm 0,08232$

За отриманими експериментальними даними при відповідній статистичній обробці отримано рівняння для визначення розміру кромки Z_k в залежності від частоти обертання n , деформації щітки Y і подачі S .

На малюнку 4.8 показано загальний вигляд установки.

Оброблювана деталь встановлюється на столі 1 і закріплюється притисками. Для обробки кромки передбачені дві щітки з індивідуальними приводами 4. Обробка може виконуватися одночасно двох кромки. Приводи 4 зі щітками можуть переміщатися у вертикальному та горизонтальному (по напрямних траверси 5) напрямках незалежно один від одного

електродвигунами. Механізми вертикального та горизонтального переміщень приводів 4 встановлені на напрямних, закріплених на порталі 3.

Стіл, із закріпленою на ньому деталлю, переміщається по рольгангу 2 ланцюговою передачею електричного приводу. Стійки, на яких встановлений рольганг 2, та стійки portalу 3 з'єднані між собою чотирма стяжками 6.

Траверса (Рисунок 5.9) призначена для розміщення механізмів горизонтального та вертикального переміщень обробних інструментів. Траверса складається із конструкційного профілю 12 (40x120 L=1100 мм АНАМИР [12]), який закріплений на боковинах portalу.

На профілі 12 встановлені профільні рейки 5 (HIWIN HGR20RC довжиною 950 мм [299]), якими переміщуються приводи щіток. Привід щітки закріплений на плиті кріплення 1, яка може переміщатися у вертикальному напрямку в межах 200 мм за допомогою двигуна 48 (PL57 HD76-08 [329]) і гвинтової передачі – гвинт 9 і гайка 7 (ШВП CD/BO 16x2R [234]) за профільними рейками 8 (HIWIN HGR20RC довжиною 330 мм [299]), закріпленим на вертикальній плиті 2.

Горизонтальне переміщення вертикальної плити 2 в межах 100 мм здійснюється за допомогою двигуна 6 (PL57 HD76-08 [329]) і гвинтової передачі - гвинт 10 і гайка 7 по профільним рейкам 5. Для позиціонування інструменту в горизонтальному напрямку передбачений механізм, що складається зі швелерів заднього 3 та переднього 4 та модулів (кареток) 13 (HIWIN HGH20CAZAC [299]). На цьому механізмі закріплені опори 11 гайок 7. Цей механізм разом з приводами щітки може переміщатися до ± 180 мм за допомогою двигуна 6 (PL57 HD76-08 [329]) і гвинтової передачі по профільних рейках 5. При цьому двигун закріплений на конструкційному профілі 12.

Щітки 1 (Рисунок 5.10) встановлюються щодо оброблюваної деталі 2 на відстань між віссю щітки і вертикальною поверхнею 3 деталі і на величину натягу ΔY за допомогою роздільних механізмів для вертикального і

горизонтального переміщень з програмним управлінням. Оброблювана деталь базується 2 відносно столу 4 поверхнею 5 за допомогою знімних упорів 6.

Робочий стіл (Рисунок 5.11) є збірною конструкцією, елементи якої виготовлені зі стандартних профілів і зібрані за допомогою стандартних виробів. Між двома алюмінієвими конструкційними профілями 1 АНАМИР 40x40 (код А02-1 [12]) розміщено дев'ять алюмінієвих конструкційних профілів 2 АНАМИР 40x120 (код А02-3 [12]) і з'єднані між собою за допомогою стандартних кутових з'єднувачів 3 А00003) [12] болтовими з'єднаннями.

На торцях робочого столу встановлені алюмінієві конструкційні профілі 4 АНАМИР 40x40R (код А02-6) [12] і з'єднані з профілями 10-ма кутовими з'єднувачами 3 АНАМИР 40x40 (арт. 1038) [12] і бол. Така конструкція робочого столу суттєво зменшить його масу, трудомісткість виготовлення та вартість.

Знімні упори (не менше трьох) для базування заготовки (Рисунок 5.11) складаються з кронштейна 1, закріпленого на робочому столі 2 за допомогою пересувного сухаря 3 АНАМИР паз 10, М8 (арт. 5074) [12] та гвинта 4. На кронштейні каретка 5 з нанесеним на ній ноніусом з ціною розподілу 0,05 мм, в якій встановлено штангу 6 з міліметровою шкалою. Після встановлення штанги 6 на необхідний розмір фіксується в заданому положенні гвинтом 7.

Регулювання відстані штанги 6 від столу 2 (залежно від конструкції оброблюваної деталі) здійснюється шляхом відхилення кронштейна 1 вправо або вліво від вертикального положення та закріпленням у необхідному положенні гвинтом 4.

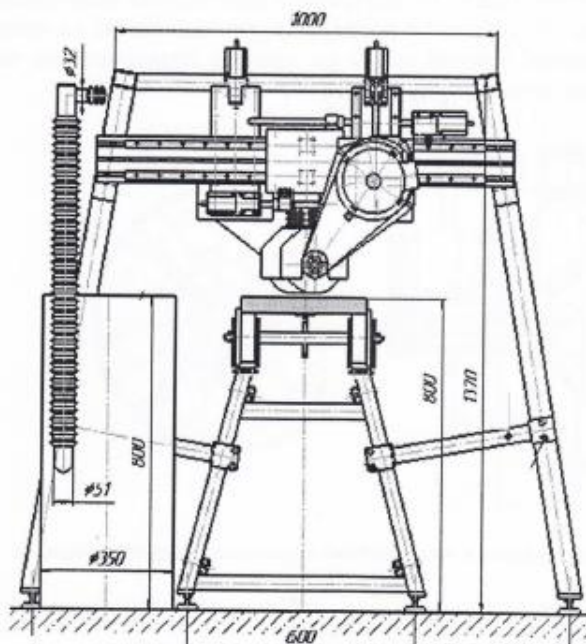
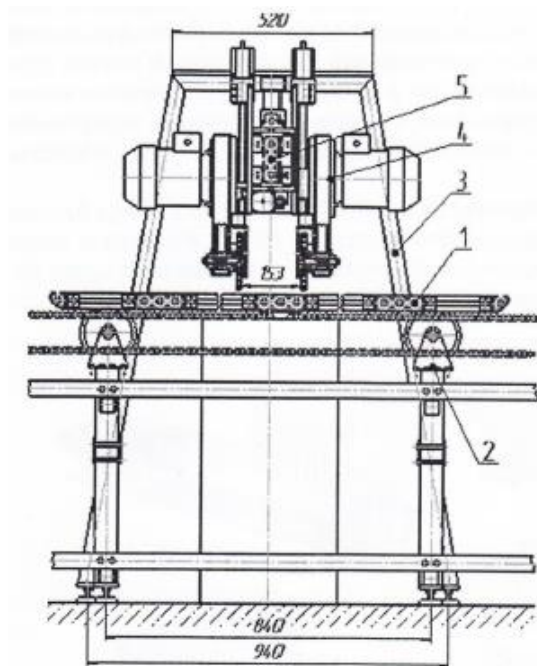


Рисунок 5.8 – Загальний вид установки для обработки краёв
 1 – стіл; 2 – рольганг; 3 – портал; 4 – привід щітки; 5 – траверса; 6 –
 стяжка; 7 – система видалення пилю.

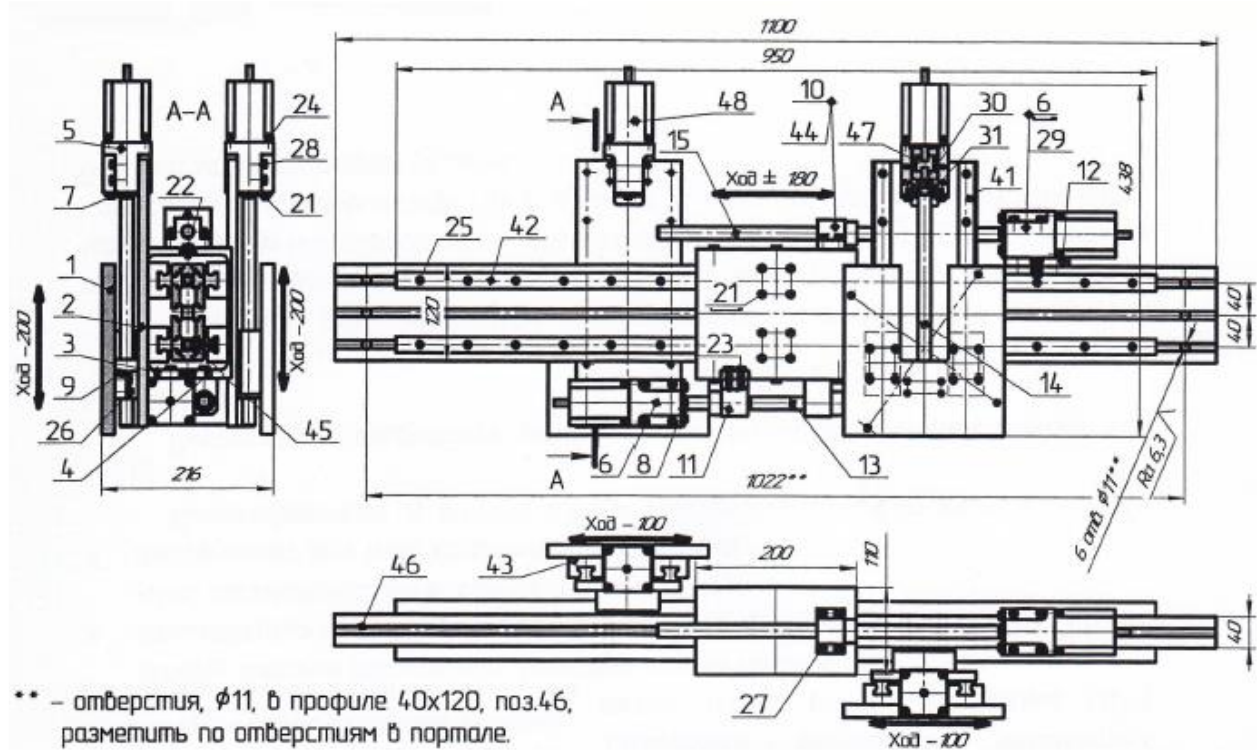


Рисунок 5.9 – Траверса

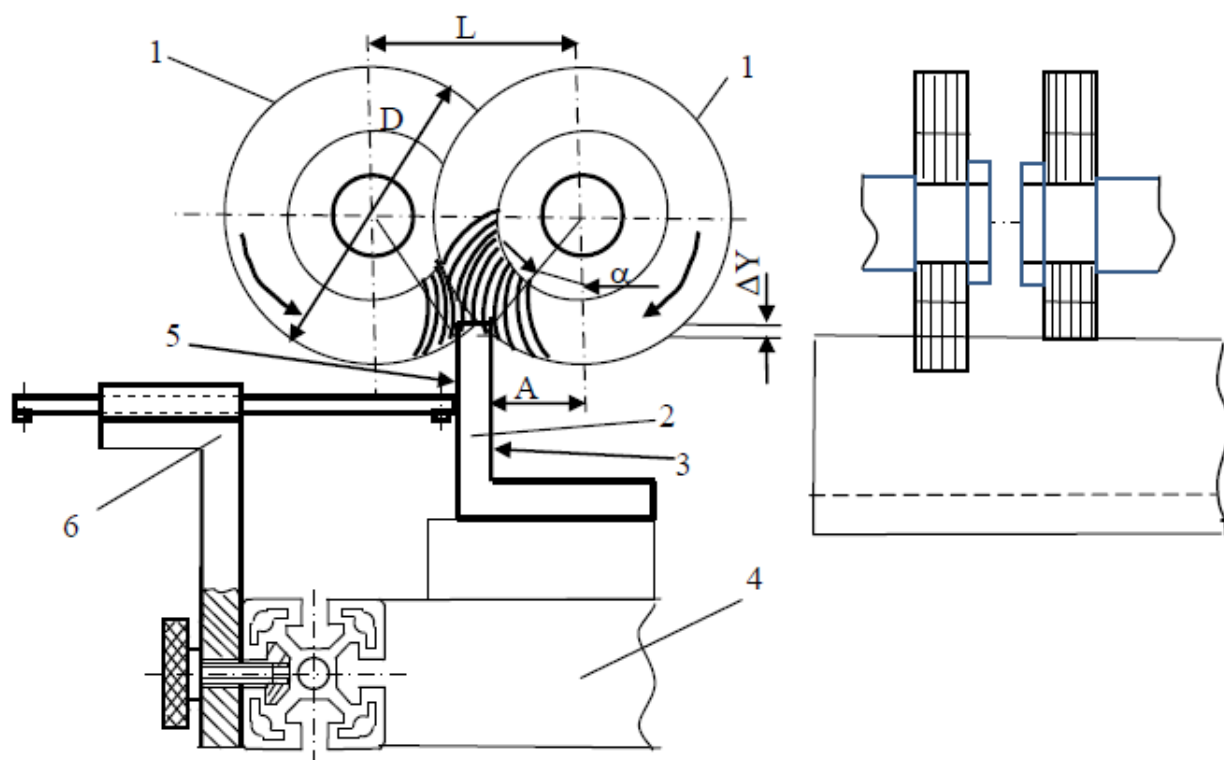


Рисунок 5.10 – Схема встановлення щіток

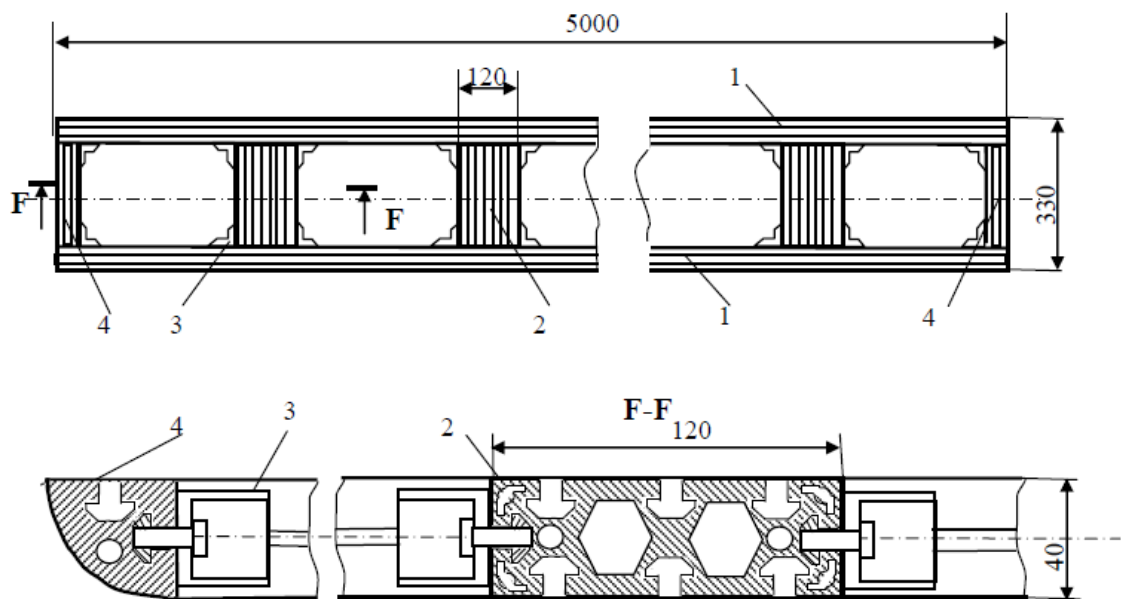


Рисунок 5.11 – Стіл

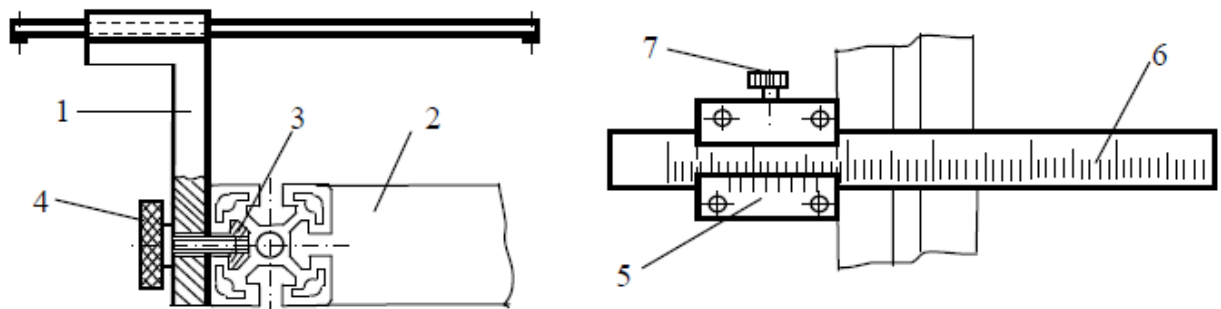


Рисунок 5.12 – Знімний упор для базування заготовлі

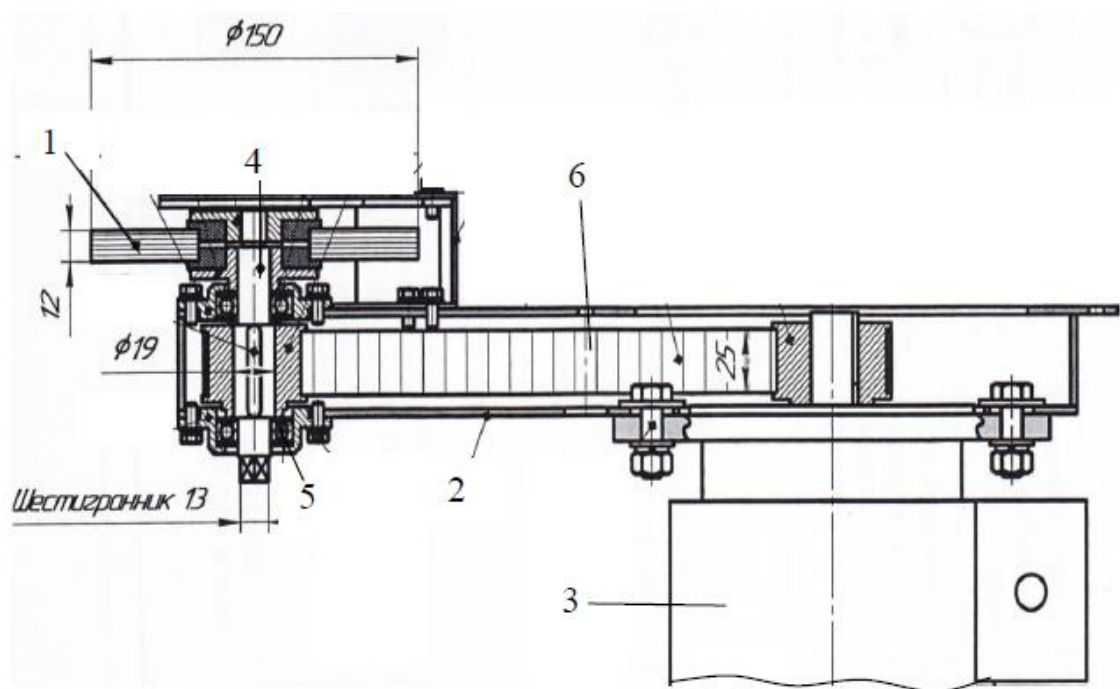


Рисунок 5.13 – Привід щітки

Привід щітки (Рисунок 5.13) призначений для забезпечення обертального руху обробного інструменту – полімерно-абразивної щітки 1. Складається з корпусу 2, на якому встановлені фланцевий електродвигун 3 (AIP71B4) та вал 4 на підшипниках кочення 5 (80202). На вал кріпиться щітка 1. Обертання електродвигуна 3 передається на вал 4 зубчасто-ременною передачею 6 (T5/675; Z=135).

Рольганг (Рисунок 5.14) призначений для розміщення столу та забезпечення його переміщення ланцюговою передачею від мотор-редуктора (DRV-030-/050-400-3,5-0,09-VS2). Складається з дев'яти центральних 1 та однієї лівої 2 стійок, які з'єднані між собою стяжками 6, 7, 8. Для розміщення та переміщення столу передбачені вісім центральних 3, одна ліва 4 та одна приводна 5 опори. Усі стійки 1 та 2 встановлені на регульовані опори 20 (058 M12x85).

Система видалення пилу 7 (див. Рисунок 5.8) призначена для видалення продуктів зносу полімерно-абразивних щіток і знятих з оброблюваної кромки частинок матеріалу деталі. Складається з промислового пиłosоса (Дастпром ПП 201 [215]), шланку, розподільника, закріпленого на порталі, та шлангів (Filtero FTT 01 [294]), з'єднаних з патрубками кожухів щіток.

Засобами вимірювання та контролю розмірів обробленої кромки при налаштуванні установки на обробку однієї або двох кромок на деталях є:

- ✓ мікроскоп вимірювальний МПБВ – 1020, МПБ – 3М, МПБ – 3 або МПБ – 2 (лупа Брінелля) Межа допустимої абсолютної похибки на діапазоні вимірювань 0–2,0 мм становить $\pm 0,006$ мм;
- ✓ зразки на округлену кромку за найменшим і максимальним граничним розмірам.

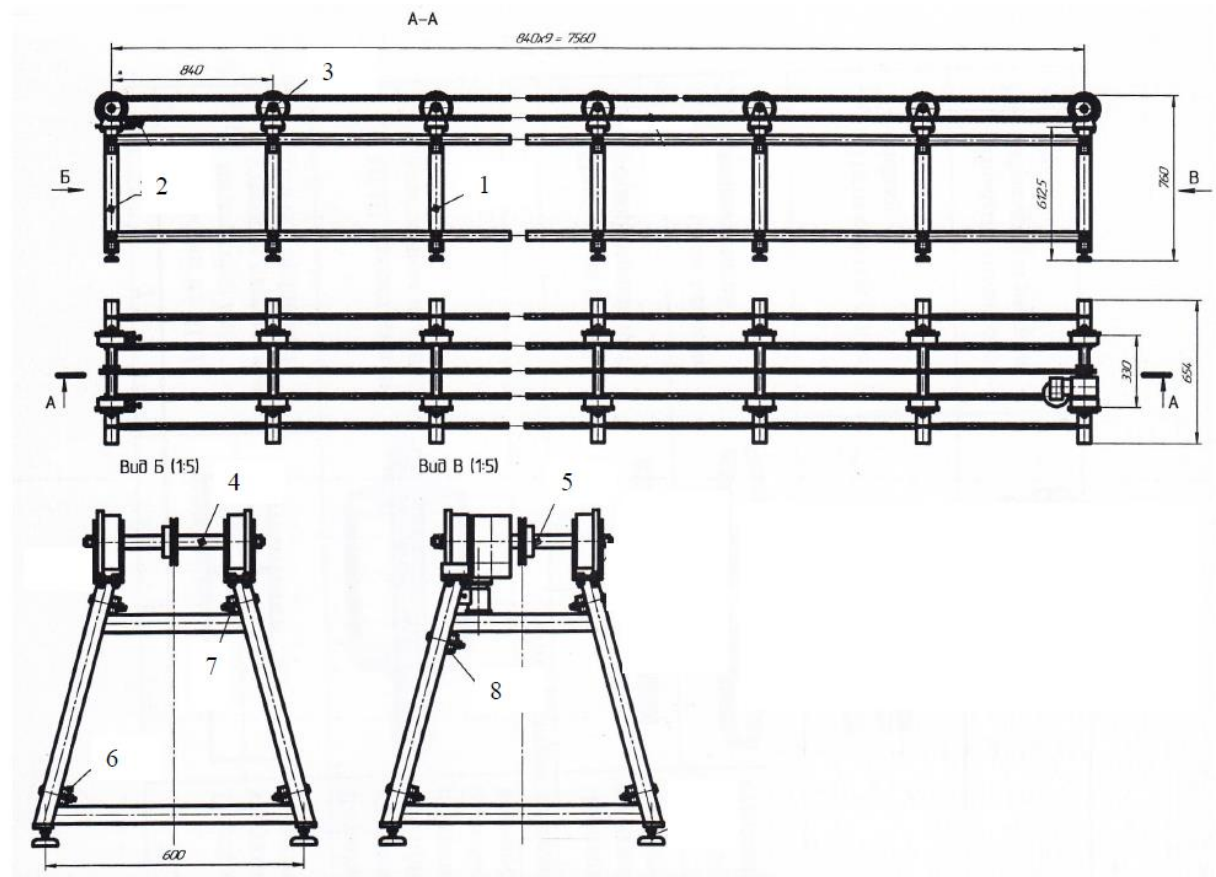


Рисунок 5.14 – Рольганг

Роботизація фінішної обробки деталей з використанням полімерно-абразивного інструменту є одним із перспективних напрямків заміни ручної праці на механізований та автоматизований. Це підтверджено проведеними дослідженнями обробки кромek на робототехнічному комплексі (РТК) з урахуванням промислового робота KUKA KR 210 R2700 EXTRA. При цьому як інструмент можуть застосовуватися велика різноманітність полімерно-абразивних інструментів: круги, радіальні та торцеві щітки, шліфувальні ковпачки та конуси.

Встановлено, що обробка кромek на РТК з високими швидкостями різання/частотами обертання (швидкість до 2000 м/хв при обробці радіальними щітками і частота обертання до 6000 об/хв при обробці щітками торцевими) йде стабільно при збереженні високої якості обробленої поверхні при відповідності . Таким чином доведено, що еластичність полімерно-абразивного інструменту є безперечною перевагою, оскільки, при його

використанні, вплив коливальних явищ, що виникають при роботі на РТК, на якість оброблених кромок є незначним, що дозволяє уникнути цілого ряду проблем, що виникають при обробці твердим інструментом.

Аналіз технологічних можливостей обробки кромок на РТК показав, що більшість поєднань поверхонь (за зовнішнім та внутрішнім радіусами, овальних отворів у доступних і важкодоступних для обробки місцях, прямолінійних кромок у важкодоступних місцях) можуть бути успішно оброблені із застосуванням полімерно-абразивних інструментів.

РОЗДІЛ 6

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ МАШИНОБУДІВНОЇ ГАЛУЗІ ДЛЯ РОЗРОБКИ СИСТЕМИ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТУВАННЯМ ОПЕРАЦІЙ ФІНІШНОЇ ОБРОБКИ АВІАЦІЙНИХ ДЕТАЛЕЙ З АЛЮМІНІЄВИХ ТА ТИТАНОВИХ СПЛАВІВ ПОЛІМЕРНО-АБРАЗИВНИМИ ІНСТРУМЕНТАМИ

Методичні вказівки до проведення семінару на тему «Розробка системи оптимального управління проєктуванням операцій фінішної обробки авіаційних деталей з алюмінієвих та титанових сплавів полімерно-абразивними інструментами» з дисципліни «Металоріжуче обладнання» для фахівців спеціальності «Професійне навчання. Машинобудування».

Семінари – це така форма занять з окремої теми, яка проводиться з метою формування, систематизації й узагальнення знань, умінь та навичок, а також для аналізу сучасної фахової літератури. Семінари сприяють розвитку професійного мислення, формуванню позитивної мотивації, оволодінню навичками постанови, рішення і аналізу фахових проблем. Семінари передбачають можливість обговорити питання згідно з планом, дозволяють закріпити і систематизувати навчальний матеріал. Окремим видом є виробничі семінари, на яких обговорюють виробничі й технологічні питання.

4.1. Вихідні дані:

- професійна підготовка проводиться на підприємстві у відділі професійного навчання;
- фахівці з вищою освітою (бакалаврський та магістерський рівні);
- спеціальність «Професійне навчання. Машинобудування»;
- стратегічні цілі підготовки фахівця - визначення й обґрунтування сучасних підходів до підвищенні продуктивності процесу осьової лезової

обробки отворів у багатокомпонентних СП з вуглепластиків, алюмінієвих та титанових сплавів на основі оптимізації технологічних параметрів.

– семінар проводиться з проблем забезпечення якості процесу осьової лезової обробки отворів у багатокомпонентних СП з вуглепластиків, алюмінієвих та титанових сплавів на основі оптимізації технологічних параметрів;

– дидактична мета даної теми: сформувати знання щодо шляхів оптимізації процесу осьової лезової обробки отворів у багатокомпонентних СП з вуглепластиків, алюмінієвих та титанових сплавів на основі оптимізації технологічних параметрів.

4.2. Постановка оперативних цілей семінару. Цілі проведення семінару наводяться в формі таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Цілі семінару

Дидактична мета семінару	Рівень цілі	Умови досягнення цілі	Результат у вигляді дій, які учні повинні продемонструвати в результаті виконання семінару, та їх характеристика
1	2	3	4
1. Визначити найбільш значущі фактори, що впливають на параметри продуктивності процесу осьової лезової обробки отворів у багатокомпонентних СП з вуглепластиків, алюмінієвих та титанових сплавів на основі оптимізації технологічних параметрів	II	Знання параметрів і аналіз регресійних моделей для точності форми отворів і шерохватості	Відтворити знання щодо підвищення продуктивності процесу осьової лезової обробки отворів у багатокомпонентних СП з вуглепластиків, алюмінієвих та титанових сплавів на основі оптимізації
	III	поверхні Термограми та області вимірювання температури матеріалу (а)	

--	--	--	--

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4
2. Проаналізувати моделі многофакторного дисперсійного аналізу, які свідчать про вплив режимів різання на шероховатість и точність отворів у змішаному пакеті. 3. Виявити типову форму профілю поздовжнього перерізу, характерну для свердління отворів у пакетах «титановий сплав – вуглепластик – титановий сплав».	IV	та інструменту (б) при свердлінні титанового сплаву. Результати випробування свердел з параболічним заточенням.	технологічних параметрів. Вміти обґрунтовувати режими різання для оптимізації по оптимальним режимам різання, рекомендації щодо вибору основного та допоміжного технологічного обладнання та інструменту Вміти визначати тип ріжучого інструменту: східчасті свердла або свердла з параболічним заточенням

Розвиваюча мета семінару – розвиток комунікативних навичок, умінь працювати в команді, поповнення фахового наукового тезаурусу, розвиток логічного мислення.

4.3. Вибір типу семінару і форми його проведення.

Тип семінару ми маємо обрати в залежності від дидактичної та розвиваючої мети його проведення. Враховуючи, що семінар проводиться з метою професійної підготовки фахівців з вищою освітою, вважаємо доцільним запропонувати виробничий семінар, який проводять для обговорення виробничих питань, що мають виробничий характер. Їх роль полягає в

формуванні системного уявлення про об'єкти, що застосовують на виробництві та з різних точок зору.

Для проведення виробничого семінару можливо використати таку групову організаційну форму як круглий стіл, на якому проводиться дискусія та мозковий штурм з питань розробки рішень. Провідним методом цього семінару є бесіда, а структурними елементами: вступне слово викладача, бесіда за матеріалом означених в темі семінару питань, підведення викладачем підсумків.

Вибір типу семінару та форми його проведення наведено дані в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2

Вибір типу семінару та форми його проведення

Тема семінару	Дисципліна (и), з якої проводиться семінар	Тип семінару та обґрунтування його обрання	Форма проведення семінару та обґрунтування її обрання
1	2	3	4
Виробничий семінар.	Машинобудівне обладнання.	Виробничий семінар застосовано задля професійної підготовки фахівців на підприємстві, які мають ознайомитися з інструментами і обладнанням.	Групова організаційна форма спілкування фахівців - круглий стіл, на якому проводиться дискусія та мозковий штурм з питань колективної розробки та прийняття рішень.

Групова форма організації семінару характеризується тим, що фахівці виступають з доповідями і повідомленнями. Решта уважно слухають доповіді та доповнюють її. Всі вони взаємодіють один з одним, що вимагає встановлення довіри, продуктивного педагогічного і професійного спілкування, атмосфери наукового співробітництва, взаєморозуміння. Роль викладача на такому

семінарі зводиться до модерування дискусії, сприяння організації та реалізації сумісної діяльності, сотворчості. Для активізації фахівців застосовуємо таку форму проведення семінарів як «круглий стіл». Усі фахівці є членами однієї команди. Кожен має право визначати свою точку зору, брати участь в колективному обговоренні та виробленні рішень.

4.4 Визначення переліку питань для обговорення та джерел інформації при підготовці до семінару зведено в таблицю 4.3).

Таблиця 4.3

Питання для обговорення

Питання для обговорення	Джерела інформації
1	2
1. Фактори, що впливають на підвищення продуктивності процесу осьової лезової обробки отворів у багатокомпонентних СП з вуглепластиків, алюмінієвих та титанових сплавів на основі оптимізації технологічних параметрів.	Толочин О.І, Похиленко Г.М. Електронний навчальний курс Технологія машинобудування (ГМаш). Ч1. http://elearn.nubip.edu.ua/course/view.php?id=1291
2. Вплив режимів різання на шероховатість и точність отворів у змішаному пакеті.	file:///C:/Users/Admin/AppData/Local/Temp/Zmntz_2016_46_46.pdf https://mash-xxl.info/info/568441/
3. Нові типи інструментів для обробки пакетів з вуглепластиків і титанових сплавах.	Технології виготовлення деталей складної форми. Частина 1 [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньо-професійної програми «Технології машинобудування» та освітньо-наукової програми «Технології машинобудування» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; Ю.В.Петраков, С.В. Сохань, В.К. Фролов, В.М. Кореньков. – Електронні текстові видання (1 файл: 10,2 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 288 с.

1	2
4. Вплив мастильно-охолодних технологічних засобів на точність отворів.	http://4ua.co.ua/transport/rb3ad69b5c53b89421316c36_0.html

4.5. Проектування мотиваційних технологій навчання здобувачів освіти на семінарі. Цей етап передбачає розробку змісту початкової частини заняття: обрання способу оголошення теми семінару, пояснення значення цієї теми у фаховій підготовці, особливостей цієї теми, проблем, що підлягають розв'язанню. В цьому розділі обираємо тип мотивації навчальної діяльності слухачів на семінарі, наводимо опис типу і методів мотивування (табл. 4.4).

Таблиця 4.4

Обрання методів мотивації навчальної діяльності

Вид і методи мотивації	Вступна мотивація	Підтримуюча (поточна) мотивація
1	2	3
Зовнішня мотивація	Шановні колеги! Сьогоднішній семінар спрямований на пошук нашої командою і підприємством нової стратегії управління якістю. Від того, як ви засвоїте інформацію і зможете її використовувати залежить престиж нашого підприємства, тому цей семінар є обов'язковим для всіх здобувачів освіти, які планують у нас працювати. Керівництво сподівається, що кожен з вас має внести посильний внесок у справу забезпечення якості нашого виробництва.	Прошу бути зосередженими і уважними, семінар фіксується на відеокамеру задля того, аби була можливість повернутись і краще з'ясувати сутність. Кожному будуть нараховуватися бали за активність і творчість під час семінару.
Внутрішня мотивація	Вам, як фахівцям у галузі машинобудування відомо, що що орієнтування усіх процесів організації на досягнення високої якості продукції для максимального задоволення	Тематика цього семінару є найактуальнішою, ви маєте здобути унікальні знання та навчитися сучасним підходам до оптимізації якості

1	2	3
	потреб споживачів і замовників як єдиної корпоративної мети – є оптимальною моделлю бізнесу у сучасному ринковому середовищі. Використання сучасних матеріалів, нових інструментів на нашому підприємстві дозволяє підвищити продуктивність процесу осьової лезової обробки отворів у багатокомпонентних СП з вуглепластиків, алюмінієвих та титанових сплавів на основі оптимізації технологічних параметрів.	обробки та познайомитись з методами підвищення продуктивності процесу осьової лезової обробки отворів у багатокомпонентних СП з вуглепластиків, алюмінієвих та титанових сплавів на основі оптимізації технологічних параметрів.

4.6. Аналіз базових умов навчання. Знання, що є основою для подальшого вивчення нового матеріалу, називають базовими. В цьому розділі визначається перелік понять, законів, відомостей, які повинні бути сформованими у учнів (студентів) для того, щоби вони могли приступити до основної частини семінару, указуються дисципліни або теми, в яких формувалися базові знання, а також наводяться методи і засоби контролю рівня їх сформованості. Наводимо також джерело, за якими учень має змогу повторити базові знання при підготовці до виробничого семінару (табл. 4.5).

Аналіз базового матеріалу і способи актуалізації базових знань

Перелік базових понять, законів, способів дії	Назва дисциплін і тем, в яких формуються опорні знання і дії	Способи (методи, форми, засоби) перевірки рівня сформованості базових знань і способів дій	Способи актуалізації або поповнення базових знань і способів дій
Поняття про основні режими різання, залежність якості продукції від правильно обраних режимів різання, конструкція ріжучого інструменту, його геометрія.	Дисципліна «Різання металів»	Метод – письмовий контроль. Форма – фронтальна. Засоби – питання. Питання: 1. Від яких параметрів залежить якість і точність поверхні, що обробляється? 2. Чи впливають властивості матеріалу на вибір режимів різання? 3. Від чого залежить швидкість різання? 4. Як розрахувати режими різання для різних матеріалів? 5. Які способи обробки отворів Вам відомі? 6. Які особливості треба врахувати при свердлінні? 7. Чим забезпечується якість і точність отворів?	Якщо фахівці не продемонструють базові знання, то викладач має актуалізувати їх знання шляхом пояснення, наведення прикладів, демонстрації відео.

4.7. Проєктування основної частини виробничого семінару-диспуту

з вирішення проблеми та рішення творчих завдань. Семінар-диспут проводиться з теми, що присвячена розв'язанню проблеми або рішенню творчої задачі. Він проводиться у діалогічному спілкуванні фахівців, передбачає уміння вести дискусію, аргументувати власні пропозиції. Пропонуємо таку модель колективного творчого пошуку як «мозковий штурм», тому що потрібно вирішити проблему підвищення якості поверхні і точності отворів в пакетах з вуглепластиків і титанових сплавах шляхом оптимізації режимів різання і геометрії інструменту при свердлінні. Проблема цього виробничого семінару полягає в тому, що існує декілька шляхів для підвищення якості поверхні і точності отворів, тому потрібно послідовно розглянути такі завдання:

- відмінність механізму різання лезовим інструментом пакету з вуглепластиком та титанових сплавів;
- чим відрізняється обробка пакету з вуглепластиків і титанового сплаву від процесу різання металів;
- що викликає швидке зношування інструменту і зростання температури в зоні різання;
- необхідність встановлення високої швидкості різання і низькі подачі, але при спільній обробці пакету з вуглепластиків з титановим сплавом дана вимога є суперечливою через значне тепловиділення;
- визначити особливості обробки отворів у змішаних пакетах , які накладають обмеження на вигляд використовуваного обладнання;
- досліджувати закономірності впливу теплових процесів при різанні на форму отворів; провести багатокритеріальну оптимізацію процесу свердління з урахуванням необхідних параметрів якості поверхні, точності та економічності;
- обрати конструктивне рішення свердла для обробки змішаних пакетів, мінімізуючий вплив теплових розширень оброблюваного матеріалу і інструменту на точність отворів;

– дослідити температурну деформацію інструменту, що збільшує діаметр отвору, а вплив деформацій оброблюваного матеріалу, навпаки, сприяє його зменшенню.

Таблиця 4.6

Аналіз проблеми чи творчого завдання

Проблема чи творче завдання	Невідоме	Суперечність та її рівень	Умови розв'язання проблеми
1	2	3	4
1. Чим відрізняється обробка пакету з вуглепластиків і титанового сплаву від процесу різання металів?	Вплив режимів різання на відхилення профілю поздовжнього перерізу.	Вплив подачі для першого шару відсутня, а для другого воно мінімальне.	Верхню межу загального відхилення профілю дає перший шар титанового металу, а нижню межу – шар пакету з вуглепластиком.
2. Як забезпечити необхідність встановлення високої швидкості різання і низької подачі при спільній обробці пакету з вуглепластиків з титановим сплавом?	Оптимізація технологічних параметрів процесу різання полягає в пошуку екстремуму того чи іншого критерію або їх сукупності.	Поверхня відгуку параметра шорсткості Ra у вуглепластику значно відрізняється від аналогічних поверхонь для металевих шарів пакету. Вплив подачі практично відсутній, а швидкість різання впливає дуже значно.	При низьких швидкостях різання дані впливу нівелюються, а при максимальній швидкості різання вплив подачі найбільш виражений.
3. Як впливає температурна деформація інструменту на якість і точність отворів?	Складний характер впливу параметрів процесу свердління на точність і якість отвору	У шарі титанового сплаву за відсутності мастильно-охолоджуючих технологічних складів шорсткість	На точність отвору впливають такі технологічні параметри процесу, як швидкість різання і подача, а також мастило, механізм

1	2	3	4
		погіршується більш ніж у 2 рази.	ломки і відводу стружки

Для підготовки до семінару необхідно розробити перелік джерел інформації окремо за кожним пунктом плану семінару (табл. 4.7).

Таблиця 4.7

Джерела інформації для підготовки до семінару

Тема семінару	Джерела інформації
1	2
Забезпечення якості при свердлінні циліндричних отворів в пакетах «вуглепластик/ титановий сплав».	1. Колесник В.О. Технологічне забезпечення якості при свердлінні циліндричних отворів в пакетах «вуглепластик/ титановий сплав». На правах рукопису. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.08–технологія машинобудування. – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», 2016р. 2. Karpat, Y., Değer, B., & Bahtiyar, O. (2014). Experimental evaluation of polycrystalline diamond tool geometries while drilling carbon fiber-reinforced plastics. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 71(5), 1295–1307. https://doi.org/10.1007/s00170-013-5592-7 .
Оптимізація режимів різання при спільній обробці пакету з вуглепластиків з титановим сплавом.	3. Технології формоутворення сучасних складнопрофільних деталей [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка» спеціалізацій «Технології виготовлення літальних апаратів», «Технології машинобудування» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Ю.В. Петраков, С.В. Сохань, В.К. Фролов, В.М. Кореньков. – Електронні текстові дані (1 файл: 22,5Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 379с.

Вплив температури деформації інструменту на якість і точність отворів при	4. http://www.tsatu.edu.ua/tsst/wp-content/uploads/sites/6/lekcija-3-tochnist-obrobky.pdf
---	--

Продовження табл. 4.7

1	2
спільній обробці пакету з вуглепластиків з титановим сплавом.	

Для групової творчої діяльності на семінарі обираємо модель «мозкового штурму» та розробляємо його сценарій відповідно до характеристики цієї моделі групової творчої діяльності (таблиця 4.8). Спільна діяльність учасників, кожний з яких має свій досвід, бачення ситуації й знання, утворює синергетичний ефект, що багаторазово підсилює результат пошуку розв'язків. Сам процес мозкового штурму має особливий творчий потенціал, тим самим преутворюючись у захоплюючу колективну й навіть ігрову діяльність. Під час мозкового штурму понує дружня й позитивна обстановка дозволяє його учасникам не тільки конструктивно сприймати будь-яку критику, але й імпровізувати й використовувати максимум свого потенціалу, а також служить посиленню довіри й позитивного настрою. При проведенні семінару ми дотримувались наступних правил:

Усім учасникам мозкового штурму довелося готуватися до нього заздалегідь. Завдання штурму були оприлюднені за 2 дня до його проведення. За цей час учасники добре обмірковували проблему й сформували у себе готовність на самому початку штурму запропонувати кілька цікавих ідей.

Щоб мозковий штурм пройшов максимально ефективно ми запросили для участі в ньому якнайбільше фахівців, що зможуть запропонувати, відповідно, більше ідей – результати від такого підходу можуть бути дуже несподіваними.

Перед початком штурму додатково уточнемо проблему. Це дозволить ще раз налаштувати всіх «на одну хвилю», впевнитися в тому, що всі учасники

намагаються розв'язати ті самі завдання й ще раз переконатися, що вони поставлені вірно.

Протягом усієї «гри» модератор веде записи й робить позначки. Рекомендовано це робити кожному учаснику. Якщо фіксувати ідеї будуть усі, то й підсумковий список розв'язків і ідей буде максимально повним і об'єктивним.

Цей пункт уже входить в основні правила проведення мозкового штурму, але про нього слід згадати ще раз. У жодному разі не відкидаємо ідеї, що пропонуються, якими б безглуздими або фантастичними вони не видалися. Найчастіше саме вони, перероблені, доповнені й наближені до реальності, є тими розв'язками, заради яких і влаштовується мозковий штурм. До того ж, критика завжди діє на людей гнітючим образом, а допускати цього під час штурму категорично не рекомендується.

Кожний учасник процесу повинен зрозуміти, що йому потрібно пропонувати якнайбільше ідей. Недосвідчені учасники можуть соромитися або обмірковувати ідеї, не озвучуючи їх. Слід розуміти, що це багаторазово знижує всю ефективність методу. Це ж стосується й тих випадків, коли розв'язок, видалося б, знайдене – ідеї повинні генеруватися протягом усього часу, виділеного на другий етап мозкового штурму. Для одержання найкращого результату можна з'єднувати дві ідеї (і більш) в одну. Особливо ефективно використовувати цей прийом, коли є варіанти розв'язку проблеми, запропоновані людьми різного статусу, посади, рангу. Для зручності сприйняття й підвищення результативності мозкового штурму використовуємо маркерну дошку.

Таблиця 4.8

Моделі групової творчої діяльності на виробничому семінарі

Моделі групової творчої діяльності	Характеристика моделі групової творчої діяльності
1	2

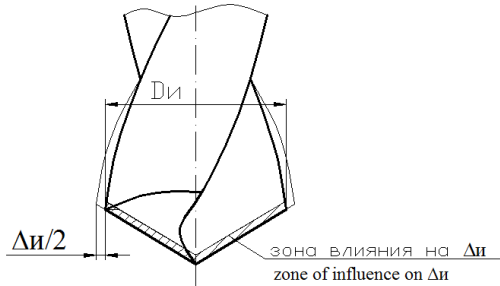
Мозковий штурм	Шановні колеги, ради привітати вас на виробничому семінарі, який ми проведемо методом «мозкового штурму». Зараз ми виконаємо декілька вправ, які дозволять максимально застосувати ваш інтелектуальний потенціал.
----------------	---

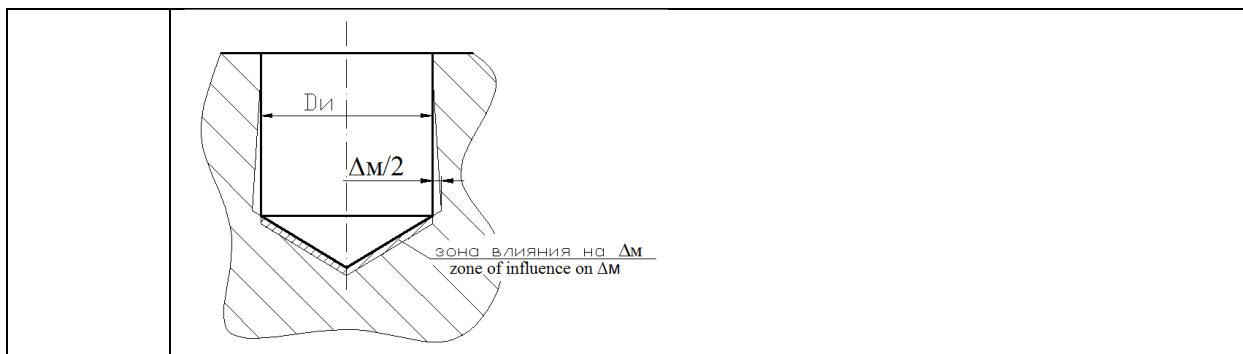
Продовження табл. 4.3

1	2
	Вправа 1. «Нади Шодхана» Мета: керування станом м'язової напруги й розслаблення. Вправа з йоги, яка допомагає активізуватися та зосередитись; діє, як стверджують фахівці, як чашка кави. Великим пальцем правої руки потрібно закрити праву ніздрю та глибоко вдихнути через ліву (жінкам – великим пальцем лівою рукою закрити ліву ніздрю та вдихнути через праву). На піку вдиху потрібно закрити ліву (праву для жінок) ніздрю безіменним пальцем та видихнути через рот.. Вправа 2. <i>«Повітряна куля»</i> Мета: керування станом м'язової напруги й розслаблення. Встаньте, закрийте очі, руки підніміть нагору, наберіть повітря. Уявіть, що ви – велика повітряна куля, наповнена повітрям. Зупиніться в такій позі 1-2 хвилини, напружуючи всі м'язи тіла. Потім уявіть собі, що в кулі з'явився невеликий отвір. Повільно починайте випускати повітря, одночасно розслаблюючи м'язи тіла: кисті рук, м'язи плечей, шиї, корпусу, ніг. Запам'ятаєте відчуття в стані розслаблення. Метою семінара є бажання сформулювати знання щодо підвищення якості поверхні та точності отворів у пакетах з вуглепластиків та титанового сплаву шляхом оптимізації режимів різання та геометрії інструменту при свердленні. Завданнями семінару є прагнення надати відповіді на такі питання: 1. Чим відрізняється обробка пакету з вуглепластиків і титанового сплаву від процесу різання металів? 2. Як забезпечити необхідність встановлення високої швидкості різання і низької подачі при спільній обробці пакету з вуглепластиків з титановим сплавом? 3. Як впливає температурна деформація інструменту на якість і точність отворів? Відповіді на ці питання ми маємо надати послідовно розглядаючи їх протягом нашого семінару. Зараз ми здійснимо розподіл ролей: усі фахівці розділяються на групи: генераторів ідей і експертів. На етапі генерації ідей діють такі правила: • Максимальна кількість ідей, без будь-яких обмежень • Ухвалюються навіть фантастичні, абсурдні й нестандартні ідеї • Ідеї можна й потрібно комбінувати й поліпшувати

	Не повинне бути ніякої критики або оцінювання пропонованих ідей Група «генераторів ідей» за відведений час (30 хвилин) висуває максимальне число гіпотез. Регламент на кожну ідею відводиться
--	--

Продовження табл. 4.3

1	2
	в межах двох хвилин, доказів не вимагається. Всі ідеї фіксуються. Модератор ретельно слідкує за тим, щоб була відсутня будь-яка критика, навіть у прихованій формі. Для активізації процесу генерації ідей в ході «штурму» використовуємо прийоми: інверсії (зроби навпаки), аналогія (зроби так, як це зроблено в іншому рішенні), емпатія (вважай себе частиною задачі, з'ясуй при цьому свої відчуття), фантазія (зроби щось фантастичне). Реалізація другого етапу надає можливість виділити по-справжньому ефективні ідеї й привести весь мозковий штурм до спільного знаменника. На противагу першому етапу, оцінка й критика вітаються. Наскільки даний етап пройде успішно, залежить від погодженості роботи учасників і загального напрямку їх думок щодо розв'язуваного завдання й пропонованих розв'язків. Група експертів виносить думки про цінність висунутих гіпотез. Експертиза і відбір гіпотез проводяться самим ретельним чином. Гіпотези оцінюються за десятибальною системою і виводиться середній бал за оцінками всіх експертів. Висновок семінару підводить викладач-модератор, оприлюднює прийняті колективні рішення, подякувавши всім учасникам і організаторам семінару. Перелік наочного матеріалу, що має використовуватись при обговоренні проблемних питань: 1. Схеми деформацій: інструмент (а); оброблюваного матеріалу (b) 



Продовження табл. 4.3

1	2
	2. Пакет з вуглепластиків і титанового сплаву 3. Свердла обробки пакетів "ПКМ - титановий сплав" а) свердла з параболічним заточенням б) східчасті свердла

Висновки до розділу 4

В четвертому розділі роботи розроблений дидактичний проєкт семінарського заняття для професійної підготовки фахівців машинобудівних підприємств з теми «Розробка системи оптимального управління проєктуванням операцій фінішної обробки авіаційних деталей з алюмінієвих та титанових сплавів полімерно-абразивними інструментами» складається із

визначення вихідних даних проєкту, постановки оперативних цілей семінару, вибору типу семінару і форми його проведення, визначення переліку питань для обговорення та джерел інформації при підготовці до семінару, проєктування мотиваційних технологій навчання здобувачів освіти на семінарі, аналізу базових умов навчання, проєктування основної частини виробничого семінару-диспуту з вирішення проблеми та рішення творчих завдань, відбору джерел інформації для підготовки до виробничого семінару та обрання і характеристики моделі групової творчої діяльності на виробничому семінарі.

ВИСНОВКИ

В результаті проведеного комплексу досліджень встановлено доцільність застосування еластичних полімерно-абразивних кіл та щіток в авіабудуванні для виконання таких фінішних операцій як обробка поверхонь деталей з алюмінієвих сплавів та округлення кромek на деталях з алюмінієвих та титанових сплавів. Рациональне застосування даних інструментів дозволяє вирішити актуальне для сучасного машинобудування завдання щодо заміни ручної праці на механізований та автоматизований та забезпечити всі вимоги щодо якості оброблених поверхонь та кромek на деталях каркасу літака.

Розроблені теоретичні положення оптимального управління проектуванням операцій фінішної обробки полімерно-абразивними інструментами в галузі машинобудування, отримані на базі системного аналізу, є новими знаннями та можуть бути поширені на інші сфери інженерної науки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Головенкін В. П. Інженерна педагогіка [Електронний ресурс] : підруч. / В. П. Головенкін. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. Режим доступу: http://psy.kpi.ua/wp-content/uploads/2017/02/Injenerna_pedagogika.pdf
2. Коваленко О. Е., Брюханова Н. О., Корольова Н.В. Методика професійного навчання: дидактичне проектування: Підручник для студентів інженерно-педагогічних спеціальностей. – Харків: УПА, 2019. – 204 с.
3. Коваленко О. Е., Брюханова Н. О., Корольова Н.В. Методика професійного навчання: основні технології навчання: Підручник для студентів інженерно-педагогічних спеціальностей. – Харків: УПА, 2019. – 174 с.
4. Лебедик Л.В., Стрельніков В.Ю., Стрельніков М.В. Сучасні технології навчання і методики викладання дисциплін: Навчально-методичний посібник для слухачів курсів підвищення кваліфікації педагогічних працівників закладів середньої, професійної (професійно-технічної), фахової передвищої та вищої освіти / Л. В. Лебедик, В. Ю. Стрельніков, М. В. Стрельніков. – Полтава : АСМІ, 2020. – 303 с.
5. Методика професійної освіти : навч. посібник для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 015 «Професійна освіта» галузі знань 01 «Освіта / Педагогіка» / Д. О. Чернишев, К. І. Почка, Г. Л. Корчова, Ю. С. Красильник, М. В. Руденко. – Київ : Компринт, 2024. – 224 с.
6. Методичні вказівки до виконання магістерської кваліфікаційної роботи для здобувачів освіти другого (магістерського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання за спеціальністю 015 Професійна освіта (за спеціалізацією) / Укр. інж.-пед. акад.; упоряд.: О. Е. Коваленко, Н. О. Брюханова, Н.В. Божко, Н.В. Корольова – Харків: УПА, 2024. – 82 с.

7. Освітньо-професійна програма «Професійна освіта (Машинобудування)» першого (бакалаврського) рівня. Затверджена вченою радою Української інженерно-педагогічної академії від 28.06.2024 року №13.

8. Освітньо-професійна програма «Професійна освіта (Машинобудування)» другого (магістерського) рівня. Затверджена вченою радою Української інженерно-педагогічної академії від 28.06.2024 року №13.

9. Семенова А.В. Професійна педагогіка: Підручник. / Авт. : О.В. Грабовський, Л.В. Коломієць, О.С. Савельєва, А.В. Семенова, В.Ф. Яні; за заг. ред. А.В. Семенової. – Одеса: Бондаренко М.О., 2020. – 575 с.

10. Сайт дистанційної освіти Університету – Режим доступу: <https://moodle.karazin.ua>

11. EdEra – студія онлайн-освіти [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ed-era.com/>

12. Український освітній онлайн-портал для вчителів «На Урок» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://naurok.com.ua/>

13. «Освіторія Медіа» – онлайн медія про освіта та виховання [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://osvitoria.media/>

14. Освіта.UA [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://osvita.ua>

15. Всеосвіта – освітня платформа для професійного зростання педагогічних працівників та підвищення їх педагогічної майстерності [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://vseosvita.ua/>