

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет дизайну машин та захисту довкілля

(назва факультету)

кафедра технології машинобудування

(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи

магістра

(ступінь вищої освіти)

7.131.242545.ПЗ

на тему: Технологічне забезпечення експлуатаційних властивостей силового гвинта лещат в умовах сталого виробництва

за освітньою програмою Технологія машинобудування

зі спеціальності: 131 – Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

Виконав: студент групи: ІМ01-24-М

Керівник:

Нормоконтролер:

Консультанти:

Аналітична частина

(назва розділу)

Основна частина

(назва розділу)

Економічна частина

(назва розділу)

Охорона праці та захист

навколишнього середовища

(назва розділу)

/ Костянтин ЧУРІЛОВ /
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

/ доц. Сергій БОНДАРЕНКО /
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

/ проф. Володимир АНІСІМОВ /
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

/ доц. Сергій БОНДАРЕНКО /
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

/ доц. Сергій БОНДАРЕНКО /
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

ст.викл Ангеліна НАЙДОВСЬКА
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

/ доц. Ярослав РОМАНЬКО /
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Засвідчую, що у цій роботі немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент

(підпис)

Дніпро – 2026 рік

Ministry of Education and Science of Ukraine
Ukrainian State University of Science and Technologies

Faculty of Machines Design and Environmental Protection

(faculty)

Department of Mechanical Engineering Technology

(department)

Explanatory Note

to Master's Thesis

(higher education degree)

on the topic: Technological support for ensuring the operational properties of a power screw of a bench vise under sustainable production conditions

according to educational curriculum Mechanical Engineering Technology

in the Speciality: 131- applied mechanics

(speciality and its code)

Done by the student of the group: IM01-24-M / Kostiantyn CHURILOV/

(name, surname)

Scientific Supervisor:

/ doc. Serhii BONDARENKO /

(position, name, surname)

Normative controller :

/ prof. Volodymyr ANISIMOV /

(position, name, surname)

Supervisors

Analytic chapter

(Chapter title heading)

/ doc. Serhii BONDARENKO /

(position, name, surname)

Main chapter

(Chapter title heading)

/ doc. Serhii BONDARENKO /

(position, name, surname)

(Chapter title heading)

(position, name, surname)

Economy chapter

/senior teacher Anhelina NAIDOVSKA /

Occupational safety and environmental protection

(Chapter title heading)

/doc. Yaroslav ROMANKO /

(position, name, surname)

Dnipro – 2026

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет: дизайну машин та захисту довкілля
Кафедра: технології машинобудування
Рівень вищої освіти: магістр
Освітня програма: Технологія машинобудування
Спеціальність: 131 - прикладна механіка
(шифр та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувачка кафедри технології
машинобудування
Світлана НЕГРУБ
(підпис) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Дата _____

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу магістра
(ступінь вищої освіти)

студенту Чурілову Костянтину Андрійовичу
(Прізвище, Ім'я По батькові)

1. Тема роботи: Технологічне забезпечення експлуатаційних властивостей
силового гвинта лещат в умовах сталого виробництва

Керівник роботи: к.т.н. Бондаренко Сергій Валерійович
(Прізвище, Ім'я, По батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом від "02" 10 . 2025 р. № 1409ст

2. Строк подання студентом роботи: 15.01.2026 р.

3. Вихідні дані до роботи: Креслення деталі, перелік літературних
джерел, технологічний процес виготовлення деталі

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно
розробити):

1 Аналітична частина:

2 Основна частина:

3 Економічна частина:

4 Охорона праці та захист навколишнього середовища:

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових
креслень)

Тема, мета та задачі роботи – 1 лист А1; Об'єкт, предмет, актуальність та
новизна дослідження – 1 лист А1; Аналітичний лист – 2 листа А1;

Деталь та заготовка з 3D моделями – 1 лист А1;

Результати досліджень – 2 листа А1; Кошторис витрат - 1 лист А1

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Завдання видав: (підпис консультанта, дата)	Завдання прийняв: (підпис студента, дата)
Аналітична частина	доц. Бондаренко С.В.	02.10.25	02.10.25
Основна частина	доц. Бондаренко С.В.	02.10.25	02.10.25
Охорона праці та захист навколишнього середовища	доц. Романько Я.В.	07.10.25	07.10.25
Економічна частина	ст. викл. Найдовська А.О.	07.10.25	07.10.25

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітична частина	до 10.10.2025	
2	Основна частина	до 10.11.2025	
3	Охорона праці та захист навколишнього середовища	до 24.11.2025	
4	Економічна частина	до 01.12.2025	
5	Оформлення пояснювальної записки	до 20.12.2025	
6	Виконання презентаційної частини роботи	до 12.01.2026	
7	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	до 15.01.2026	
8	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії	28.01.2026	

Студент

(підпис)

Костянтин ЧУРІЛОВ

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи

(підпис)

Сергій БОНДАРЕНКО

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

№ ряд ка	Формат	Позначення	Назва	Кіл. листів	№ екз.	Прим.
1			<u>Документація загальна</u>			
2						
3			<i>Заново розроблена</i>			
4	A4	7.131.24.2545.ПЗ	Пояснювальна записка	129	1	
5	A4	7.131.24.2545.Т01	Технологічний процес	20	1	
6						
7			<u>Графічна частина</u>			
8			<i>Заново розроблено</i>			
9						
10	A1	7.131.24.2545..01	Тема, мета та задачі роботи	1	1	
11	A1	7.131.24.2545..02	Об'єкт, предмет, актуальність	1	1	
12			та новизна дослідження			
13	A1	7.131.24.2545.03	Аналітичний лист	2	1	
14	A1	7.131.24.2545..04	Деталь та заготовка з 3D	1	1	
15			моделями			
16	A1	7.131.24.2545.05	Результати досліджень	2	1	
17	A1	7.131.24.2545.06	Кошторис витрат	1	1	
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата	7.131.24.2545.ВР ВІДОМІСТЬ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ	
Розроб.	Чурилов К.А.					
Керівник	Бондаренко С.В.					
Консульт.						
Н.контр.	Анісімов В.М.					
Затв.	Незрудь С.Л.					
					Літера	Лист
					М Т	1
						1
					МОНУ УДУНТ Кафедра ТМ гр. ІМ 01-24-М	

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до випускної роботи магістра містить: 129 с., 33 рис., 28 табл., 2 додатки, 64 джерела.

Об'єкт дослідження – технологічний процес виготовлення силового гвинта верстатних лещат в дрібносерійному виробництві.

Предметом дослідження є операції формування гвинтової поверхні елементу гвинтової пари лещат та нанесення додаткових покриттів з метою забезпечення їх високих експлуатаційних властивостей.

Метою випускної роботи є технологічне забезпечення експлуатаційних властивостей силового гвинта верстатних лещат в дрібносерійному виробництві. Для досягнення цієї мети в рамках роботи було досліджено існуючі технологічні рішення підвищення якості поверхонь, як одного з варіантів забезпечення експлуатаційних властивостей гвинтових елементів та запропоновані зміни до технологічного процесу виробництва з дотриманням вимог сталого виробництва

В економічній частині проведено обчислення кошторису витрат на виконання даної кваліфікаційної роботи. У розділі «Охорона праці та захист навколишнього середовища» проаналізовані умови праці та пожежної безпеки на робочому місці та запропоновані заходи щодо забезпечення сприятливих умов праці. Також приділено увагу питанню впливу машинобудівного підприємства на навколишнє середовище.

Ключові слова: ЛЕЩАТА, ЗАГОТОВКА, ГВИНТ, ПОКРИТТЯ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, УСТАТКУВАННЯ

					7.131.24.2545.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	РЕФЕРАТ			
Разроб.		Чурилов К.А.						
Перев.		Бондаренко С. В.						
Реценз.								
Н. контр.		Анісімов В.М.						
Затв.		Незрудь С.Л.						
					Лит.		Арк.	Аркушів
					М	Т	1	1
					МОНУ УДУНТ Кафедра ТМ гр. ІМ 01-24-М			

ЗМІСТ

	стор.
ВСТУП.....	9
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА.....	10
1.1 Актуальність роботи.....	10
1.1.1 Об'єкт та предмет дослідження.....	13
1.1.2 Аналіз стану питання, яке вивчається.....	13
1.2 Мета й задачі роботи.....	15
1.3 Службове призначення виробу.....	16
1.4 Аналіз потреб ринку в заданих výroбах	19
1.5 Аналіз технологічності деталі.....	20
1.6 Визначення розміру партії.....	21
1.7 Аналіз базового технологічного процесу.....	22
2 ОСНОВНА ЧАСТИНА.....	24
2.1 Наукова новизна.....	24
2.2 Експлуатаційні властивості в машинобудуванні.....	24
2.2.1 Поняття експлуатаційних властивостей	24
2.2.2 Забезпечення експлуатаційних властивостей.....	26
2.3 Проектування технологічного процесу.....	28
2.3.1 Вибір методу одержання заготовки.....	28
2.3.2 Вибір методів обробки	33
2.3.3 Вибір технологічних і вимірювальних баз.....	35
2.3.4 Формування маршруту виготовлення деталі.....	35
2.3.5 Вибір технологічного обладнання.....	37
2.3.6 Вибір пристосувань.....	45
2.3.7 Вибір різального і допоміжного інструментів.....	46

					7.131.24.2545.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЗМІСТ		
Розроб.		Чурилов К.А.					
Перев.		Бондаренко С.В.					
Реценз.							
Н. контр.		Анісімов В.М.					
Затв.		Незгруд С.Л.					
					Лит.	Арк.	Архив
					М	Т	11 2
					МОНУ УДУНТ Кафедра ТМ гр. ІІМО1-24-М		

	8
2.3.8 Вибір засобів технічного контролю.....	47
2.3.9 Розмірний аналіз і визначення операційних розмірів з допусками.....	47
2.3.10 Визначення припусків на обробку та розмірів заготовки.....	51
2.3.11 Визначення режимів обробки.....	55
2.3.12 Технічне нормування технологічного процесу.....	59
2.3.13 Проектування технологічних налагоджень.....	60
2.4 Фінішна обробка силового гвинта лещат	62
2.4.1 Підготовка поверхні.....	63
2.4.2 Нанесення покриття.....	68
3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	80
3.1 Характеристика об'єкта дослідження.....	80
3.2 Розрахунок кошторисних витрат	81
3.2.1 Витрати на електроенергію	81
3.2.2 Амортизація необоротних активів	83
3.2.3 Розрахунок витрат на оплату праці та нарахувань на заробітну плату	84
3.2.4 Витрати на основні та допоміжні матеріали	86
3.2.5 Розрахунок накладних витрат.....	87
3.3 Кошторис витрат.....	88
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	89
4.1 Аналіз умов праці та пожежної безпеки.....	89
4.2 Заходи поліпшення умов праці.....	92
4.3 Захист навколишнього середовища.....	96
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	99
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	101
ДОДАТОК А. Керуюча програма.....	108
ДОДАТОК Б. Технологічний процес.....	110

					7.131.24.2545.ПЗ	Арк.
						2.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Сучасний етап розвитку машинобудування відзначається впровадженням принципів сталого виробництва. Це поняття включає в себе: раціональне використання матеріальних, енергетичних і трудових ресурсів, зменшення негативного впливу на довкілля та підвищення довговічності машин і механізмів. Саме забезпечення високих експлуатаційних властивостей деталей є одним із ключових напрямів підвищення ефективності машинобудівного виробництва в умовах сучасних викликів.

Особливу увагу приділяють удосконаленню технологічних процесів виготовлення деталей, що працюють у складних умовах навантаження, тертя та зносу. До таких деталей належить силовий гвинт лещат. Саме він забезпечує надійність фіксації заготовок під час обробки та суттєво впливає на точність технологічних операцій обробки деталей на підприємстві. Підвищення зносостійкості та міцності гвинтів є важливим завданням з точки зору не лише функціональної надійності, а й економічної доцільності виробництва.

З урахуванням тенденцій розвитку технологій машинобудування, особливого значення набуває впровадження технологічних рішень, що характеризуються ресурсоефективністю виробництва та екологічною безпекою.

Метою даної магістерської роботи є розробка та обґрунтування технологічних заходів, спрямованих на підвищення експлуатаційних властивостей силового гвинта лещат з урахуванням принципів сталого виробництва. Це має практичне значення для підприємств машинобудівного профілю, де впровадження технологічно рішень сприятиме підвищенню надійності обладнання, зниженню собівартості виготовлення та ремонту, а також поєднанню технічних і екологічних аспектів виробництва.

					7.131.242545.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ВСТУП			
Розроб.		Чурилов К.А.						
Перев.		Бондаренко С. В.						
Реценз.								
Н. контр.		Анісімов В.М.						
Затв.		Незруб С.І.						
					Лит.	Арк.	Архів	
					М	Т	1	1
					МОНУ УДУНТ Кафедра ТМ гр. ІМ 01-24-М			

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Актуальність роботи

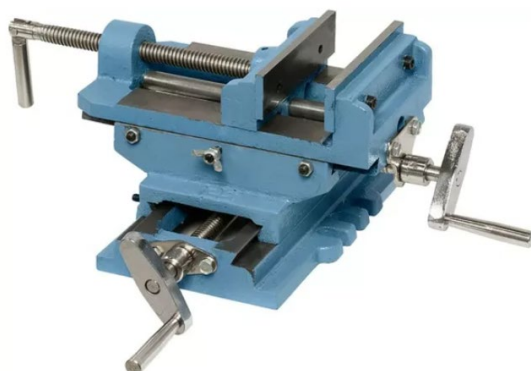
Сучасне машинобудування переживає період значних трансформацій, пов'язаних із необхідністю переходу до сталих моделей виробництва. Концепція сталого розвитку, затверджена Організацією Об'єднаних Націй, передбачає гармонійне поєднання економічного зростання, соціального прогресу та екологічної відповідальності (рисунк 1.1) [1]. У галузі машинобудування ця концепція означає необхідність розробки та впровадження технологій, які забезпечують високу якість продукції при мінімальному споживанні ресурсів та зниженні негативного впливу на довкілля.



Рисунок 1.1 – «17 цілей для перетворення нашого світу» ухвалені Організацією Об'єднаних Націй (ООН) у вересні 2015 року [1]

					7.131.242545.ПЗ			
Змн.		№ докум.	Підпис	Дата	АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА			
Розроб.		Чурилов К.А.						
Перев.		Бондаренко С.В.						
Реценз.								
Н. контр.		Анісімов В.М.						
Затв.		Негруд С.І.						
					Лист			Арк.
					М			1
								14
					МОНУ УДУНТ Кафедра ТМ гр. ІМ 01-24-М			

В рамках роботи розглядаються верстатні лещата (рисунок 1.2), що є базовим технологічним оснащенням [2], яке використовується практично на всіх машинобудівних підприємствах України. За оцінками різних джерел обсяги ринку верстатних лещат в Україні вимірюються десятками - сотнями тисяч одиниць на рік.



а)



б)



в)

Рисунок 1.2 – Приклад зовнішнього вигляду верстатних лещат: а) лещата верстатні Bernardo KS 125, б) лещата модульні OZKAYALI, в) прецизійні двоповоротні QHK160

Сам силовий гвинт є одним із найвідповідальніших елементів конструкції лещат, який зазнає найбільших навантажень у процесі експлуатації. Від його точності, міцності та зносостійкості безпосередньо залежить працездатність усього пристрою.

					7.131.24.2545.ПЗ	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При оцінюванні експлуатаційних властивостей лещат з позиції роботи силового гвинта важливо враховувати, що навіть незначні похибки в його функціонуванні (люфт губок, осьове зміщення і т.п.) призводять до порушення точності закріплення заготовок в них. Це, в свою чергу, може спричинити відхилення розмірів деталей та погіршення якості поверхні в результаті обробки. Отже, забезпечення стабільних експлуатаційних характеристик силового гвинта має ключове значення для підвищення точності обробки, надійності закріплення заготовок і загальної ефективності технологічного процесу.

Частка відмов лещат через критичне зношування або пошкодження силового гвинта може становити 30–60 % від загальної кількості випадків виходу з ладу затискних пристроїв. Це пояснюється тим, що саме силовий гвинт сприймає основне навантаження під час роботи, і його знос безпосередньо впливає на точність, надійність і довговічність всього вузла. Подібна тенденція підтверджується дослідженнями з аналізу відмов гвинтових приводів у верстатобудуванні, де встановлено, що понад 30 % простоїв систем подачі пов'язано з дефектами або зносом ходових гвинтів [3].

Водночас сучасна експлуатація лещат висуває підвищені вимоги до експлуатаційних властивостей силових гвинтів. Зокрема, необхідно забезпечити високу зносостійкість різьбових поверхонь при роботі в умовах абразивного зношування, достатню контактну міцність для передачі значних затискних зусиль, корозійну стійкість при використанні в різних виробничих середовищах, а також стабільність геометричних параметрів різьби протягом усього терміну експлуатації.

Питання технологічного забезпечення експлуатаційних властивостей будь-яких деталей галузі машинобудування України має особливу актуальність з огляду на:

- необхідність імпортозаміщення та розвитку вітчизняного виробництва інструменту та технологічного оснащення

					7.131.24.2545.ПЗ	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- інтеграція до європейського ринку вимагає відповідності продукції міжнародним стандартам якості та екологічної безпеки виробництва.

- підвищення вимог до енергоефективності виробництв вимагає як оптимізації технологічних процесів так і збільшення терміну експлуатації вузлів та механізмів з метою зниження виробничих витрат.

Підвищення довговічності силових гвинтів верстатних лещат навіть на 20–25 % здатне забезпечити відчутний економічний ефект, а саме: зменшити витрати підприємств на закупівлю нового оснащення та проведення ремонтних робіт, підвищити ефективність технологічних процесів, в яких лещата використовуються для закріплення заготовок.

Розглядаючи питання підвищення ресурсу гвинтів комплексно, від етапу виготовлення заготовок до експлуатації, можна досягти не лише економії матеріальних ресурсів, але й зниження енергоспоживання та кількості шкідливих викидів у навколишнє середовище.

Таким чином, робота присвячена технологічному забезпеченню експлуатаційних властивостей силового гвинта лещат в умовах сталого виробництва є актуальною та сприяє реалізації основних принципів сталого виробництва: економічної ефективності та екологічної відповідальності.

1.1.1 Об'єкт та предмет дослідження

Об'єкт дослідження – технологічний процес виготовлення гвинта верстатних лещат в умовах сталого виробництва.

Предмет дослідження – технологічне забезпечення експлуатаційних властивостей силового гвинта з огляду на концепцію сталого виробництва.

1.1.2 Аналіз стану питання, яке вивчається

Аналіз сучасних наукових публікацій та патентної документації свідчить про активний пошук технологічних рішень, спрямованих на підвищення

					7.131.242545.ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

експлуатаційних властивостей різьбових деталей. Перспективними напрямками є застосування прогресивних методів формоутворення різьби, використання композиційних покриттів та методів поверхневого зміцнення, оптимізація режимів термічної обробки, а також впровадження цифрових технологій контролю якості. Однак комплексні дослідження, що поєднують питання забезпечення експлуатаційних властивостей з вимогами сталого виробництва стосовно силових гвинтів лещат, залишаються недостатньо висвітленими.

Традиційні технологічні процеси виготовлення силових гвинтів характеризуються високою матеріаломісткістю, значними енергетичними витратами на термічну обробку та механічну обробку різьбових поверхонь, а також утворенням значної кількості відходів у вигляді стружки та технологічних рідин [7-9]. За різними оцінками, коефіцієнт використання матеріалу (КВМ) при виготовленні силових гвинтів верстатних лещат традиційними методами може сягати 0,60, що означає втрату близько 40%. Більш точне значення КВМ залежить від способу формування заготовки та методу її обробки (різання, штампування, порошкова металургія і т.д.) вихідної заготовки у стружку [11, 12].

Основними видами руйнування є зношування ниток різьби, задири, пластична деформація або втомне розтріскування поверхневих шарів (рисунк 1.3). Такі дефекти знижують точність і надійність фіксації заготовок, збільшують люфт у механізмі затиску, а інколи призводять до повної втрати працездатності лещат.

Як зазначають Гоменюк Д. В. та співавт. [13], удосконалення технологічних процесів має базуватися на принципах підвищення точності, мінімізації втрат матеріалу та зменшення енергоємності операцій. Зарубіжні дослідники також підкреслюють, що оптимізація процесів різання дозволяє суттєво підвищити ефективність виробництва та довговічність деталей різьбового типу [14].

Важливим напрямом є впровадження комбінованих і гібридних технологій, які поєднують процеси пластичного деформування, поверхневого зміцнення та високоточного різання.

					7.131.242545.ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



а)



б)



в)

Рисунок 1.3 – Приклад зносу гвинтів лещат: а – руйнування ниток різьби, б – тріщина/злам гвинта, в – корозія.

За результатами оглядів Weng J. та ін. [15], такі рішення забезпечують зменшення зношування різьбових поверхонь і підвищення ресурсу деталей до 25–30 %. Додаткові можливості відкриває застосування цифрового моделювання процесів різання та контролю якості за допомогою сенсорних систем [16].

Разом із тим, питання комплексної оцінки технологічних рішень з позицій сталого виробництва залишаються малодослідженими. У більшості публікацій акцент зроблено переважно на підвищенні міцності чи точності, тоді як аспекти енергоефективності та зниження відходів при виготовленні силових гвинтів розглядаються обмежено.

1.2 Мета й задачі роботи

Метою роботи є технологічне забезпечення експлуатаційних властивостей силового гвинта лещат в умовах сталого виробництва.

					7.131.242545.ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для досягнення мети, сформовані наступні задачі:

1. Дослідити існуючі технологічні підходи підвищення експлуатаційних властивостей гвинтових елементів механізмів.
2. Запропонувати заходи щодо зниження шкідливого впливу на навколишнє середовище під час виробництва гвинта верстатних лещат;
3. Проаналізувати вплив запропонованих рішень з точки зору вимог сталого виробництва.
4. Навести технологічний процес виготовлення гвинта лещат та можливі способи підвищення їх експлуатаційних властивостей.

1.3 Службове призначення виробу

Верстатні лещата є універсальним пристроєм для закріплення заготовок під час їх обробки. Їх службове призначення полягає у забезпеченні надійної фіксації заготовки відносно базових поверхонь, збереженні її положення під дією сил різання та вібрацій, а також у забезпеченні точності взаємного розташування оброблюваних поверхонь. Лещата застосовуються на свердлильних, фрезерних, шліфувальних, розточувальних і верстатах з числовим програмним керуванням і т.д.

Основними складовими верстатних лещат є: корпус, рухома та нерухома губки, силовий гвинт, гайка гвинтової пари, ручка (або привід), напрямні та притискні елементи (рисунок 1.4). Конструкція забезпечує можливість плавного переміщення рухомої губки та створення необхідного зусилля затиску для утримання заготовки.

Силовий гвинт (рисунок 1.5) є основним силовим елементом лещат, який перетворює обертальний рух ручки в поступальний рух рухомої губки. Його службове призначення — створення осьового стискального зусилля, достатнього для надійного закріплення заготовки в процесі обробки. Гвинт працює у парі з гайкою, утворюючи гвинтову пару з великими контактними навантаженнями на поверхнях різьби. Від точності виготовлення гвинта,

					7.131.242545.ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

чистоти обробки та якості матеріалу залежить плавність ходу, стабільність зусилля затиску, а також довговічність роботи лещат.

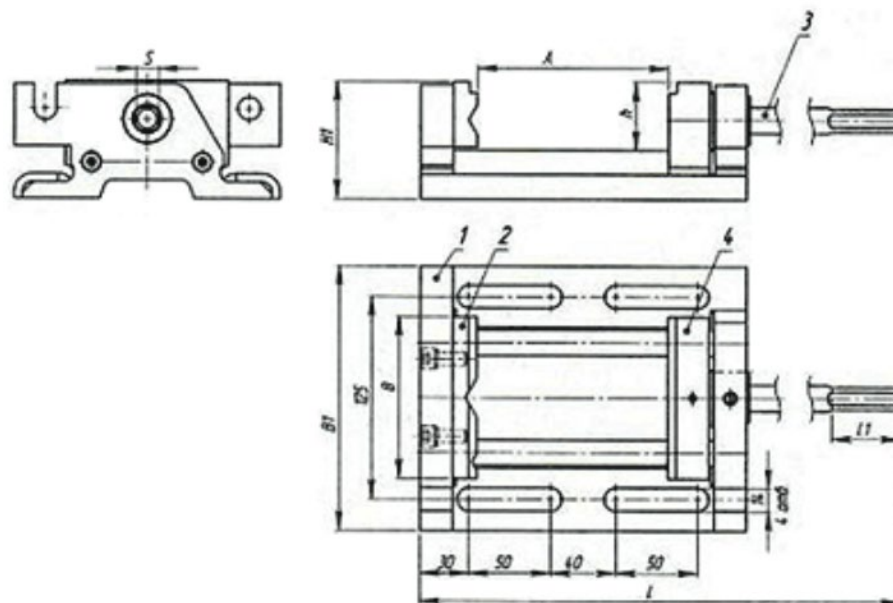


Рисунок 1.4 – Схема верстатних лещат: 1-корпус, 2- змінна затискна планка нерухомої губки, 3 – гвинт, 4 – губка рухома



Рисунок 1.5 – Приклади зовнішнього вигляду силового гвинта лещат

Для забезпечення надійної роботи гвинт виготовляють зі сталі підвищеної міцності (наприклад, 40Х, 45, 30ХГСА) з наступною термічною або хіміко-термічною обробкою поверхонь різьби. Різьбова частина виконується переважно з трикутним або трапецієподібним профілем, що забезпечує передачу значних осьових зусиль при мінімальному зношуванні.

Ескіз розглядаємого силового гвинта наведено на рисунку 1.6.

					7.131.242545.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

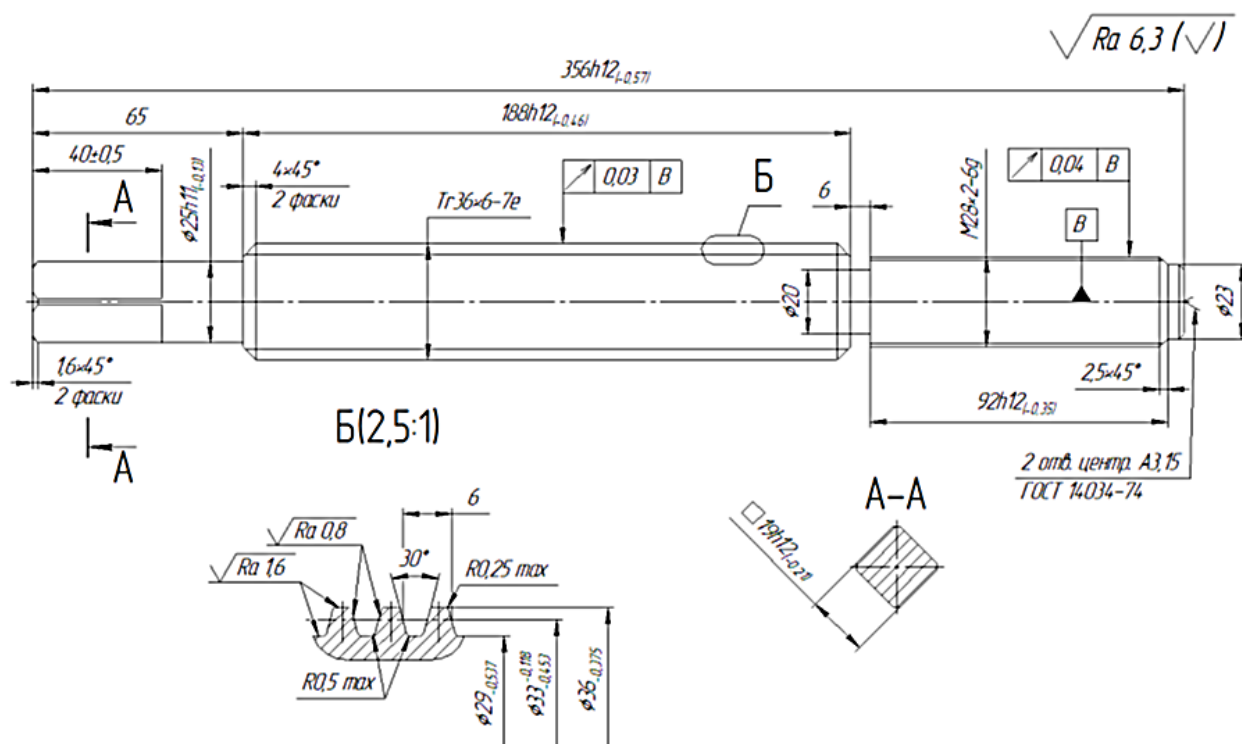


Рисунок 1.6 – Ескіз розглядаємого гвинта лещат

Гвинт виготовляється зі сталі 40Х ДСТУ 7806:2015 [17]. Дана сталь є конструкційною легованою сталлю. Вона застосовується для виготовлення таких типів деталей як осі, вали, вал-шестерні, плунжери, штоки, колінчасті та кулачкові вали, кільця, шпинделі, оправлення, рейки, губчасті вінці, болти, піввісі, втулки та інші деталі підвищеної міцності, які можна покращити.

Хімічний склад і механічні властивості сталі 40Х наведено в таблицях 1.1 і 1.2.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 40Х

Елемент	C	Si	Mn	Cr	Ni	S	P	Cu
Вміст, %	0.36– 0.44	0.17– 0.37	0.50– 0.80	0.80– 1.10	<0.3	<0.035	<0.035	<0.3

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сталі 40Х

Показник	Межа міцності σ_b , МПа	Межа плинності $\sigma_{0.2}$, МПа	Твердість (HRC)
Значення	930–1080	785–835	35–45

1.4 Аналіз потреб ринку в заданих виробках

Попит на верстатні лещата (включно зі силовими гвинтами як ключовими елементами) визначається двома основними сегментами: виробництво нових устаткувань (верстатів, спеціалізованих пристроїв) та ринок післяпродажного обслуговування/заміни (ремонт, комплектуючі). На глобальному рівні ринок слідує помірному зростанню внаслідок розширення металообробного та машинобудівного виробництва, поширення ЧПК-верстатів і зростання попиту на прецизійні гідравлічні та механічні лещата для промислового застосування. Це підтверджують аналітичні звіти з ринків «machine/milling vises», що оцінюють сегменти та прогнози попиту на 2024–2030 рр. [18, 19].

Водночас для України та сусідніх ринків відкриті джерела з детальною кількісною статистикою обмежені; точні обсяги імпорту/експорту й внутрішнього виробництва можна визначити через бази митної та торгівельної статистики або спеціалізовані галузеві звіти [20]. Крім того в останні роки ця інформація майже відсутня через діючі військові дії в Україні, яким передувала епідемія коронавірусу.

На сьогодні можливо лише проаналізувати потреби ринку через доступні торгівельні платформи (Alibaba, виробники інструментів). Останні, в свою чергу, надають широкий асортимент даної продукції, що підтверджує наявний попит на гідравлічні, прецизійні й універсальні лещата для пристосувань у ЧПК-центрах і сервісних цехах [21].

					7.131.242545.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

1.5 Аналіз технологічності деталі

Тривимірна модель деталі гвинт представлена на рисунку 1.7.

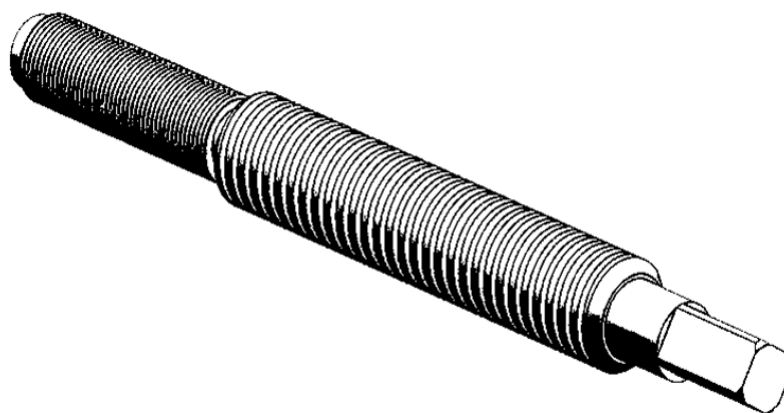


Рисунок 1.7 – Тривимірне зображення деталі

Основною конструкторською базою деталі «Гвинт» є циліндрична поверхня з різьбленням.

Допоміжні конструкторські бази: циліндрична поверхня з різьбленням M28×2-6g; правий торець розміру 356h12.

Циліндрична поверхня $\varnothing 25$ має квалітет h11, який досягається чистовим точінням. Дана поверхня фрезерується для установки рукоятки лещат.

Розмір 356 виконується за квалітетом h12. Його правий торець має бути перпендикулярний до осі обертання, для досягнення найбільшої точності затиску.

Згідно вищевказаного можна зробити висновок, що вимоги до точності поверхонь деталі «Гвинт» відповідають умовам її роботи.

Деталь має просту форму, що дає змогу розглядати в якості методу отримання вихідних заготовок: прокат, штампування і т.п. Відсутні внутрішні порожнини, елементи конструкції з малою жорсткістю і великими вільотами.

Більшість поверхонь деталі доступні для обробки на верстатах і безпосереднього вимірювання.

					7.131.242545.ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Під час обробки деталі немає необхідності застосовувати спеціальний різальний інструмент. Усі поверхні та конструктивні елементи гвинта можуть бути оброблені стандартним інструментом.

У деталі присутні канавки для виходу інструменту, що полегшує процес обробки. Канавка відсутня між циліндричною поверхнею $\varnothing 36$ мм і циліндричною поверхнею $\varnothing 25$ мм. У деталі відсутні місця різких змін форми, відсутні гострі краї, торці деталі мають фаски. Поверхні деталі мають відносно високу точність.

Розміри на кресленні деталі проставлені вірно і в необхідній кількості.

Проведений аналіз технологічності деталі дозволяє зробити висновок що деталь є технологічною.

1.6 Визначення розміру партії

Розрахунок оптимальної кількості деталей в партії виконується для будь-якого серійного виробництва. Це той тип виробництва якому найчастіше віддають перевагу як великі корпорації з великими виробничими площами, так і маленькі фірми та майстерні. Порівняно зі штучним виробництвом серійне забезпечує вищі техніко-економічні показники. Водночас воно є більш гнучким і краще враховує запити індивідуального споживача, ніж масове.

Для визначення оптимальної кількості заготовок у партії для одночасного запуску у виробництво використовують формулу[22]:

$$n = \frac{N \times f}{\Phi}; \quad (1.1)$$

де N - річна програма випуску виробів (N = 700 шт.);

f - число днів, на яке необхідно мати запас деталей на складі (f = 7 днів);

Φ - число робочих днів, (Φ=261 у 2025 році).

$$n = \frac{700 \times 7}{261} = 18,77 \text{ шт.}$$

					7.131.242545.ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо розмір партії, тобто кількість деталей яка запускається одночасно у виробництво, рівний 19 шт.

1.7 Аналіз базового технологічного процесу

Типовий технологічний процес, виготовлення гвинта, як деталі типу вал, наведено у таблиці 1.4.

Послідовність виконання операцій технологічного процесу відповідає передбаченій програмі випуску деталей.

Типовий технологічний процес відповідає дрібносерійному типу виробництва.

Таблиця 1.4 – Типовий технологічний процес виготовлення гвинтів

№ операції	Найменування операції	Найменування та модель обладнання
005	Заготівельна	
010	Слюсарна	Слюсарний верстат
015	Токарна	Токарний верстат
020	Токарна	Токарний верстат
025	Різьбонарізна	Різьбонарізний або токарний верстат
030	Фрезерна	Фрезерний верстат
035	Термічна	Піч
040	Шліфувальна	Шліфувальний верстат
045	Контрольна	Стіл ВТК
050	Маркувальна	

Висока шорсткість і точність взаємного розташування відповідальних поверхонь, досягається на чистових операціях

					7.131.24.2545.ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для більшої частини операцій обробки базовими елементами є поверхні отримані на попередніх операціях.

Технологію обробки і вибір обладнання підібрано на основі конфігурації, розмірів і жорсткості деталі.

Проаналізувавши типовий технологічний процес виготовлення деталі, визначено ряд пропозицій по його вдосконаленню, а саме:

1. Переглянути склад технологічного обладнання, що використовується в технологічному процесі з метою заміни його на більш сучасне;
2. Обрати сучасний різальний інструмент та оснащення;
3. Операції контролю розмірів деталі виконувати з використанням універсального вимірюючого інструменту.
4. Замінити останні операцію на операцію профільного шліфування CBN-абразивами та додати операцію нанесення тонкоплівкових покриттів.

					7.131.242545.ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Наукова новизна

Розглянуто поняття експлуатаційних властивостей в машинобудівній галузі та шляхи їх комплексного забезпечення її підвищення.

Виконано аналіз технологічного процесу виготовлення силового гвинта лещат з метою забезпечення експлуатаційних властивостей.

Проаналізовано технологічні методи підвищення експлуатаційних властивостей машинобудівних деталей шляхом обробки їх поверхонь.

Запропоновано оновлений технологічний процес виготовлення деталі «гвинт» силовий з дотриманням вимог сталого виробництва та з урахуванням умов його роботи.

2.2 Експлуатаційні властивості в машинобудуванні

Експлуатаційні властивості деталей машин є визначальним фактором надійності, довговічності та економічної ефективності машинобудівної продукції. У сучасних умовах сталого виробництва питання забезпечення високих експлуатаційних характеристик набуває особливого значення, оскільки поєднує вимоги технічної досконалості з принципами ресурсозбереження та екологічності.

2.2.1 Поняття експлуатаційних властивостей

Експлуатаційні властивості деталей машин – це цілий комплекс характеристик, що визначають їх здатність виконувати задані функції протягом

					7.131.242545.ПЗ		
Змн.		№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Чурилов К.А.			ОСНОВНА ЧАСТИНА		
Перев.		Бондаренко С.В.					
Реценз.							
Н. контр.		Анісімов В.М.					
Затв.		Незруб С.Л.					
					Літ.	Арк.	Архив
					М	Т	1 56
					МОНУ УДУНТ Кафедра ТМ гр. ІМ 01-24-М		

встановленого терміну служби в конкретних умовах експлуатації. В рамках розгляду поняття експлуатаційних властивостей варто відзначити, що до нього входять велика кількість параметрів. Однак основними критеріями працездатності деталей машин, здебільшого, є: міцність, жорсткість, зносостійкість, теплостійкість і вібростійкість [23]. Цей перелік може доповнюватись для кожної деталі, виходячи з умов її роботи. Наприклад, основні експлуатаційні властивості силового гвинта лещат наведені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Основні параметри, що визначають експлуатаційні властивості силового гвинта лещат

№ п/п	Параметр	Що забезпечує
1	Зносостійкість	здатність поверхонь гвинта (особливо різьби) протистояти спрацюванню при терті під навантаженням.
2	Міцність	опір гвинта руйнуванню під дією осьового зусилля при затисканні.
3	Жорсткість	здатність гвинта зберігати геометрію при навантаженні, не допускаючи надмірного пружного подовження.
4	Стійкість до корозії	Гарантує довговічність при експлуатації у вологому або агресивному середовищі.
5	ККД (коефіцієнт корисної дії) гвинтової пари	ефективність перетворення обертального руху в поступальний

Найважливішими з параметрів, у разі загального розгляду питання для всіх видів деталей є:

- Зносостійкість - найважливіша службова властивість поверхневих шарів деталей машин, яка в більшості випадків визначає їх працездатність

					7.131.242545.ПЗ	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

[24]. Вона характеризує здатність матеріалу чинити опір поверхневому руйнуванню під дією сил тертя. Для деталей, що працюють у рухомих з'єднаннях (підшипники, направляючі, зубчасті передачі, гвинти), зносостійкість є основним критерієм працездатності.

- Міцність та жорсткість. Ці властивості є базовими для всіх деталей. Під міцністю розуміють здатність деталі протистояти дії зовнішніх навантажень без пошкоджень у вигляді остаточних деформацій чи руйнування її елементів під навантаженням [23]. Під жорсткістю розуміють здатність деталей чинити опір зміні їх форми і розмірів під дією прикладених навантажень. Забезпечення достатньої міцності і жорсткості є основою працездатності будь-якого механізму.

- Корозійна стійкість - здатність матеріалу чинити опір дії агресивних середовищ [25]. Особливо актуальна для деталей, що працюють в умовах підвищеної вологості, хімічно активних речовин або високих температур.

- Теплостійкість – здатність конструкції працювати в межах заданих температур протягом заданого строку служби [26]. Перегрів деталей під час роботи є небезпечним явищем, оскільки при цьому знижується їх міцність, погіршуються властивості змазки, а зменшення зазорів у рухомих з'єднаннях призводить до заїдання і поломки.

2.2.2 Забезпечення експлуатаційних властивостей

Формування необхідних експлуатаційних властивостей здійснюється комплексно на всіх етапах виробництва деталей.

На етапі конструювання закладаються раціональні форми деталей, що забезпечують рівномірну міцність конструкції, мінімальні внутрішні напруження та оптимальний розподіл навантажень. Технологічною називають таку конструкцію, яка забезпечує задані експлуатаційні показники при

					7.131.242545.ПЗ	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

найменших витратах (часу, засобів, праці) на її створення в конкретних умовах виробництва [27].

Вибір матеріалу є визначальним фактором. Вибираючи матеріал для створення конструкції, необхідно повністю враховувати механічні, технологічні й експлуатаційні властивості [25]. Сучасне машинобудування використовує широкий спектр конструкційних матеріалів: леговані сталі для виготовлення деталей машин і механізмів, інструментальні сталі для виготовлення різних інструментів, спеціальні сталі з особливими властивостями.

Технологічні процеси обробки безпосередньо впливають на формування експлуатаційних властивостей. Величина шорсткості, напрямок рисок після обробки, форма і крок нерівностей та інші геометричні характеристики мікрорельєфу поверхні впливають на важливі експлуатаційні властивості деталей машин і вузлів, зокрема на їх міцність при ударному навантаженні, контактну жорсткість, зносостійкість [28]. Структурні зміни металу при його механічній обробці є також серйозною причиною зниження довговічності деталей машин.

Термічна та хіміко-термічна обробка змінює структуру металу та забезпечує необхідне поєднання твердості, міцності та в'язкості. Застосовують гартування, відпуск, нормалізацію, цементацію.

Методи поверхневого зміцнення включають механічне (дробоструминна обробка, алмазне вигладжування), хімічне та електрохімічне зміцнення поверхневих шарів.

Загальна проблема експлуатаційних властивостей деталей, що зазнають руху у вузлах та машинах, в основному полягає у розгляді питань тертя та зношування поверхонь цих деталей [29]. Недостатня зносостійкість призводить до простоїв машин, зростання завантаження виробничих потужностей для виготовлення запасних частин, розростання мережі ремонтних організацій і т.п.

					7.131.24.2545.ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В той же час сталий розвиток передбачає збалансоване поєднання економічних, екологічних та соціальних аспектів виробництва. У цьому контексті підвищення експлуатаційних властивостей реалізується через:

- Застосування прогресивних технологій, які забезпечують високу якість при зменшенні матеріало- та енергоємності. У результаті підвищення довговічності деталей машин скорочуються витрати запасних частин і матеріалів на їх виготовлення, зменшується кількість працюючих і трудомісткість при експлуатації, технічному обслуговуванні та ремонті. Збільшення терміну служби машин рівноцінне збільшенню їх випуску на тих же виробничих площадках.
- Використання зносостійких матеріалів нового покоління.
- Впровадження систем контролю якості на всіх етапах виробництва, що забезпечує стабільність експлуатаційних характеристик.
- Оптимізація конструкцій та процесів. Технологічність конструкції машини відноситься до всього комплексу виробничих процесів, починаючи від виготовлення деталей і закінчуючи випробуванням зібраного вузла.
- Підвищення надійності для продовження терміну служби. Для підвищення працездатності часто застосовують термообробку, функціональні покриття або мастила.

Сам вибір основного критерію працездатності деталі в тому чи іншому вузлі здебільшого залежить від функціонального призначення цієї деталі та умов їх роботи.

2.3 Проектування технологічного процесу

2.3.1 Вибір методу одержання заготовки

					7.131.242545.ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Початковим етапом під час проєктування технологічного процесу або вдосконалення наявного є аналіз і вибір методу отримання заготовки. Одним із ключових критеріїв сталого виробництва та забезпечення якості і, відповідно, експлуатаційних властивостей, кінцевої продукції виступає раціональність способу виготовлення заготовки деталі. При цьому вибір має ґрунтуватися як на принципах ресурсозбереження (мінімальному використанні матеріалу), так і на забезпеченні зручності подальшої обробки заготовки.

Для визначення який з методів отримання заготовки є доцільнішим необхідно розрахувати коефіцієнт використання металу для обох випадків. В якості варіантів заготовок беремо: метод кування (за базовим технологічним процесом), метод прокатки (альтернативний метод виготовлення заготовки гвинта).

Першим кроком розрахуємо даний показник для кування:

- Основні параметри поковки: ступінь точності поковки Т4. група сталі М2 (відповідає сталям з вмістом легуючих елементів від 2 до 5 %), ступінь складності – С1.

Для визначення маси заготовки використаємо звичайні формули з шкільного курсу геометрії та розміри заготовки з базового технологічного процесу. Виходячи з цього встановлено, що маса кованої заготовки становить 3,46 кг.

Коефіцієнт використання металу при отриманні заготовки методом кування розрахуємо за формулою :

$$K = \frac{q}{Q_3}, \quad (2.1)$$

де q - маса деталі, кг;

Q_3 - маса заготовки,

$$K_k = \frac{2,16}{3,46} = 0,6242,$$

Для спрощення подальших розрахунків приймаємо його рівним 0,62.

					7.131.242545.ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Альтернативним способом виготовлення заготовки є прокатка, при якій в якості заготовки для подальшої роботи є круглий прокат необхідних розмірів, що відповідає умовам механічної обробки та вимогам до готової деталі. Виходячи з розмірів готової деталі приймаємо заготовку у вигляді круглого прокату діаметром 40 мм та довжиною 360 мм. Тривимірну модель заготовки наведено на рисунку 2.1.

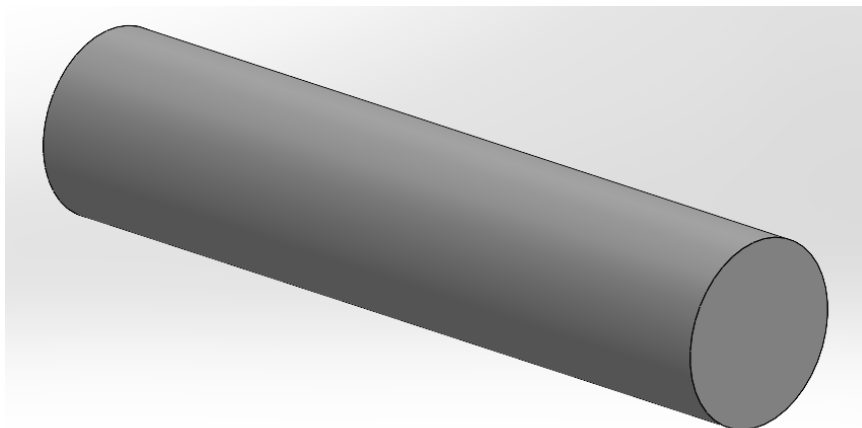


Рисунок 2.1 – Тривимірна модель заготовка гвинта

Наступним кроком визначимо масу заготовки розрахунковим методом, тобто через визначення об'єму.

Об'єм циліндричної заготовки визначається за формулою:

$$V_{\text{пр}} = \pi * r^2 * h, \text{ м}^3 \quad (2.2)$$

де r – радіус заготовки, м

h – довжина заготовки (висота циліндру), м

$$V_{\text{пр}} = 3,14 * 0,02^2 * 0,36 = 0,00045 \text{ м}^3$$

Маса заготовки розраховується за формулою:

$$Q_3 = V_{\text{пр}} * \rho, \text{ кг} \quad (2.3)$$

					7.131.242545.ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $V_{\text{пр}}$ - об'єм заготовки, м³

ρ – густина металу (для сталі 40Х становить 7820 кг/м³)

$$Q_3 = 0,00045 \cdot 7820 = 3,519 \text{ кг}$$

Приймаємо масу заготовки з прокату рівну 3,52 кг

Коефіцієнт використання металу при виготовленні заготовки методом прокатки розрахуємо аналогічно з заготовкою отриманої куванням за формулою (2.1):

$$K_{\text{пр}} = \frac{2,16}{3,54} = 0,61$$

Як бачимо, зміна методу виготовлення заготовки приведе до збільшення коефіцієнту використання матеріалу на 0,01. Для більш наглядного розуміння доцільності цього варто:

- 1) Звернути увагу, що даний типорозмір прокату є типовим і немає необхідності виготовляти спец інструмент
- 2) Необхідно визначити кількість річної економії матеріалу.

Річна економія матеріалу для кожного з варіантів виготовлення заготовки за формулою :

$$E_M = \frac{q \cdot (K_1 - K_2)}{K_1 \cdot K_2} \cdot N, \text{ кг}, \quad (2.4)$$

де q - маса деталі, кг;

K_1 і K_2 - коефіцієнти використання матеріалу по порівнюваним варіантів;

N - річна програма випуску деталей, шт.

					7.131.242545.ПЗ	Арх.
						8
Змн.	Арх.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$E_M = \frac{2.16(0,62 - 0,61)}{0,61 * 0,62} * 700 = 39,98 \text{ кг}$$

Доцільним при визначення раціонального методу виготовлення заготовки є визначення вартості заготовки для кожного методу одержання заготовки:

$$C = Q_3 * S_k * K_T - (Q_3 - q) * S_{отх}, \quad (2.5)$$

де Q_3 - маса заготовки,

S_k - оптова ціна 1 кг матеріалу,

K_T - коефіцієнт, що враховує транспортно-заготівельні витрати,

q - маса деталі, кг,

$S_{отх}$ - ціна за 1 кг відходів, грн.

Підставивши в дане рівняння відповідні значення [11-13], розрахуємо вартість заготовки для кожного методу одержання:

- Собівартість заготовки отриманої штампуванням:

$$C_{баз} = 3,46 \cdot 7 \cdot 1,05 - (3,46 - 2,16) \cdot 4 = 20,24 \text{ грн.}$$

- Собівартість заготовки отриманої прокаткою:

$$C_{пр} = 3,54 \cdot 4 \cdot 1,05 - (3,54 - 2,16) \cdot 4 = 9,35 \text{ грн.}$$

Таким чином різниця між собівартість заготовки при виготовленні за базовим технологічним процесом та запропонованим становить:

$$20,24 - 9,35 = 10,89 \text{ грн.}$$

Вигода від зміни методу отримання заготовки з штампованої на прокат для 700 шт. становить $10,89 \cdot 700 = 7623$ грн. Таким чином, не дивлячись на невелике зменшення коефіцієнту використання матеріалу вигідніше виготовляти заготовку прокаткою. До того ж дані розрахунки не відображають

					7.131.242545.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

співвідношення різних параметрів процесів виготовлення заготовок (див. таблицю 2.2).

Таблиця 2.2 - Порівняння процесів прокатки та штампування

Параметр	Прокатка	Штампування
Енерговитрати на одиницю маси заготовки	Зазвичай менші, оскільки процес безперервний і металоформування відбувається під тиском обертових валків з меншими втратами енергії.	Більші, оскільки потрібно забезпечити значне локальне пластичне деформування в короткий час, що вимагає великих зусиль преса.
Матеріалозатрати	Економніше: менше відходів, постійний переріз.	Часто більші втрати на облой (при гарячому штампуванні) або обрізки (при листовому).
Температурний режим	Може бути як гарячою, так і холодною. При холодній прокатці — значно енергоощадніше.	Зазвичай гаряче штампування → великі витрати на нагрів металу та штампів.
Продуктивність	Висока при масовому виробництві.	Ефективна при великосерійному або масовому, але кожен цикл короткий і енергоємний.
Точність та властивості	Обмежена точність форми, але добрі механічні властивості (ущільнення структури).	Висока точність форми, проте більша енергоємність процесу.

Таким чином, заміна методу виготовлення заготовки на прокатку є доцільніша як з точки зору сталого виробництва так і з точки зору собівартості продукції.

2.3.2 Вибір методів обробки

На основі аналізу існуючого базового технологічного процесу було розроблено оновлений маршрутно-операційний технологічний процес виготовлення деталі.

					7.131.242545.ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибір конкретних методів обробки було виконано з огляду на вимоги до поверхонь деталі. Обрані методи обробки поверхонь представлені у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 - План обробки поверхонь деталі гвинт

Поверхня деталі	Вимоги к поверхні деталі		Параметри поверхні після обробки		
	Точність	Шорсткість	Технологічні переходи	Точність	Шорсткість
Ø25h11	Ø25h11	Ra 6,3	Заготовка	IT16	Ra25
			Чорнове точіння	h14	Ra 12,5
			Напівчисте точіння	h11	Ra 6.3
Ø23	Ø23	Ra 6,3	Заготовка	IT16	Ra 25
			Чорнове точіння	h14	Ra 12,5
			Напівчисте точіння	h13	Ra 6.3
Ø20 канавка	Ø20	Ra 6.3	Заготовка	IT16	Ra 25
			Чорнове точіння	h14	Ra 12.5
			Напівчисте точіння	h13	Ra 6.3
M28×2-6g	M28×2-6g		Заготовка	IT16	Ra 25
			Чорнове точіння	h14	Ra 12.5
			Напівчисте точіння	h12	Ra 6.3
			Чистове точіння	h10	Ra 3.2
			Нарізання різи	6g	Ra 1.6
Tr35×6-7e	Tr35×6-7e		Заготовка	IT16	Ra 25
			Чорнове точіння	h14	Ra 12.5
			Напівчисте точіння	h12	Ra 6.3
			Нарізання різи	h9	Ra 2.5
			Шліфування	7e	Ra 0.63
Ø19h12	Ø19h12 _{-0,2}	Ra 6,3	Заготовка	IT16	Ra 25
			Чорнове точіння	h14	Ra 12,5
			Напівчисте точіння	h14	Ra 6,3
			Фрезерування	h12	Ra 3,2

2.3.3 Вибір технологічних і вимірювальних баз

Під час вибору технологічних баз особливу увагу необхідно приділяти початковим операціям, оскільки саме на цьому етапі формується база для всіх наступних стадій обробки.

На етапі чистової обробки важливо дотримуватися принципів узгодження та стабільності базування, щоб забезпечити високу точність і повторюваність розмірів. У разі застосування верстатів із ЧПК технологічні бази слід узгоджувати з початком координат та осями системи програмного керування.

У межах технологічного процесу механічної обробки деталі «гвинт тисків» як базові поверхні використовуються:

- Заготівельна операція та правка (за потреби): поверхня заготовки Ø40 мм;
- Фрезерно-центрувальна операція: поверхня заготовки Ø40 мм;
- Токарна операція з ЧПК: поверхня заготовки Ø40 мм і її торець, а також поверхня деталі Ø28 мм і торець;
- Вертикально-фрезерна операція: поверхня деталі Ø36 мм і її торець;
- Різьбонарізна операція: поверхня деталі Ø25 мм і її торець.

Схеми базування деталі подані в операційних картах, що входять до складу технологічного процесу.

2.3.4 Формування маршруту виготовлення деталі

Наступним кроком при розробці або вдосконаленні технологічного процесу виготовлення будь-якої деталі є формування маршруту обробки. Розроблений маршрут обробки гвинта наведено в табличному вигляді у таблиці 2.4.

					7.131.242545.ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.4 - Маршрут обробки гвинта

№о п.	Назва операції	Ескіз обробки	Назва та модель верстату
005	Заготівельна		Стрічкопильний відрізний вертстат BS 128 HDRA
010	Правка		Прес
015	Термічна		Піч
020	Фрезерно-центрувальна		Фрезерно-центрувальний верстат 2Г942.04
025	Токарна ЧПК		Токарний верстат з ЧПК MAST ML 320x500 SM6
030	Токарна ЧПК		
035	Вертикально-фрезерна		Haas VF-2
040	Різьбонарізна		Токарний верстат з ЧПК MAST ML 320x500 SM6
045	Різьбошліфувальна		Шліфувальний верстат Drake GS:TE 240-360
050	Миєчна		Ванна миєчна
055	Покривна		
060	Слюсарна		Верстак слюсарний
065	Контрольна		Стіл ВТК

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

7.131.24.2545.ПЗ

Арк.

13

2.3.5 Вибір технологічного обладнання

При виборі верстатів орієнтування було виконано на відповідність основних розмірів робочих органів верстата, габаритам оброблюваної заготовки і досягнення необхідної точності, а також на застосування мінімальної кількості різних моделей верстатів [30].

Для відрізної операції було обрано стрічковий відрізний верстат STILER BS 128 HDRA (рисунок 2.2) [31]. Вибір зупинено на стрічкових відрізних верстатах, оскільки їхні переваги підтверджені практичним досвідом експлуатації у світовій індустрії.



Рисунок 2.2 - Стрічковий відрізний верстат STILER BS 128 HDRA

Переваги верстатів цього типу полягають у наступному:

- Низьке енергоспоживання. Робочим інструментом виступає стрічкова пила товщиною 0,9 мм, що дозволяє використовувати двигуни невеликої потужності. Наприклад, обраний верстат призначений для розпилювання круглої заготовки діаметром до 170 мм, обладнаний двигуном потужністю лише 1,1 кВт, що у 5–7 разів економніше, ніж аналогічні верстати з дисковими сегментними пилами (5–7,5 кВт).

					7.131.24.2545.ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Економія матеріалу. Невелика товщина полотна зменшує ширину пропилу, зменшує кількість стружки, що утворюється під час процесу різання, а отже — втрати металу.

- Можливість пакетного різання заготовок, тобто одночасного розрізання декількох заготовок, що підвищує продуктивність процесу.

Промисловий стрічкопилний верстат STILER BS-170G — це високоточне та надійне обладнання, призначене для серійного різання металевих профілів і суцільних заготовок. В конструкції має гідравлічний циліндр та має поворотну голову. Верстат забезпечує стабільну продуктивність, чистий різ і високу точність позиціонування[2/9].

Особливостями верстату є:

- Гідравлічне опускання пиляльної голови — плавне регулювання швидкості подачі для рівномірного різу;

- Безступінчасте регулювання подачі (0–50 м/хв) — дозволяє адаптувати процес до матеріалу;

- Дві швидкості руху стрічки: 36 / 72 м/хв — оптимальний вибір для різних типів сталі;

- Поворотна пиляльна голова до 60° — зручність при виконанні кутових різів;

- Автоматичне вимкнення після завершення різання — підвищення безпеки та зниження зносу;

- Міцна конструкція: зварна сталева основа та чавунна рама гарантують стабільність і відсутність вібрацій;

- Сучасна система безпеки — мікровимикачі та аварійне відключення стрічки запобігають пошкодженням і травмам.

Характеристики обраного верстату наведені в табличному вигляді (таблиця 2.5 і таблиця 2.6).

Для виконання фрезерно-центрувальної операції я використовую фрезерно-центрувальний верстат 2Г942.04 (рисунок 2.3), що є більш сучасним аналогом

					7.131.24.2545.ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

MP-71M [32]. Процес обробки на даному верстаті відбувається послідовно: завантаження заготовки, фрезерування, центрування та подальше вивантаження готової деталі.

Таблиця 2.5 – Характеристики стрічкового відрізного верстату

Характеристика	Значення
Потужність двигуна	550 Вт (S1) / 825 Вт (S6)
Живлення	230 В / 1 фаза
Розмір стрічки	1640 × 13 × 0,65 мм
Регулювання опускання	Гідравлічний циліндр
Швидкість стрічки	23 / 34 / 54 м/хв
Вага	105 кг

Таблиця 2.6 – Діапазони різання стрічкового відрізного верстату STILER BS 128 HDRA

Кут	Ø труби (мм)	Профіль (мм)	Квадрат (мм)
0°	Ø128	150 × 128	128 × 128
45°	Ø95	95 × 85	85 × 85
60°	Ø50	56 × 50	50 × 50

Під час роботи деталь залишається нерухомою, а переміщення здійснюють фрезерні та свердлильні головки. Подачі свердлильних і фрезерних шпинделів, а також механізми затискання деталі й упори заготовок приводяться в дію гідравлічно. В таблиці 2.7 наведені основні технічні характеристики цього верстата, а також аналогічні характеристики MP-71M (для порівняння).

Особливостями даного верстату є [32]:

- Фрезерні та свердлильні шпинделі у верстаті розташовані горизонтально.

					7.131.242545.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

- У головок відсутні механізми жорсткої синхронізації, а одночасну роботу їх шпинделів забезпечує гідропривід.



Рисунок 2.3 – Фрезерно-центрувальний верстат 2Г942.04

Таблиця 2.7 – Порівняльні характеристики фрезерно-центрувальних верстатів 2Г942 та МР-71М [32]

Найменування параметру	2Г942	МР-71М
Клас точності верстата	Н	Н
Межі довжини оброблюваних деталей, мм:	100..1000	200..500
Межі діаметрів деталей, що встановлюються в лещатах, мм:	20..160	25..125
Найбільше зусилля затиску деталі, Н	25500	
Живильна електромережа, В	380±38	380±38
Кількість електродвигунів на верстаті	8	6
Габарити верстата (довжина ширина висота), мм	3970...5470 x 1750 x 2000	3140 x 3790 x 4825
Маса верстата, кг	6500	6100

Для токарних операцій технологічним процесом передбачено використання токарного верстату з ЧПК MAST ML 320x500 SM6 (рисунок 2.4) [6]. Характеристики верстата наведено в таблиці 2.6.

					7.131.24.2545.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17



Рисунок 2.4 – Зовнішній вигляд токарного верстату з ЧПК MAST ML 320x500 SM6

Даний токарний верстат має широкий функціонал, високу точність та швидкість роботи. Його можна використовувати для виконання операцій токарної обробки зовнішніх і внутрішніх поверхонь, розточування і розгортання отворів, нарізання зовнішніх і внутрішніх різьб і т.п. Працює на основі операційної системи керування SINUMERIK 808D. Технічні характеристики наведені в таблиці 2.8

Таблиця 2.8 -Характеристики токарного верстату з ЧПК MAST ML 320x500 SM6

Характеристика	Значення
Конус задньої бабки	МК3
Вага	1300 кг
Габаритні розміри	2370×1420×2000 мм
Діаметр обточування над станиною	320 мм
Діаметр обточування над супортом	160 мм
Діаметр отвору шпинделя	38 мм
Діаметр піноли задньої бабки	100 мм
Діапазон швидкостей шпинделя	100 – 2500 об/хв

					7.131.24.2545.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Продовження таблиця 2.8

Характеристика	Значення
Кількість інструментів	6 шт.
Конус шпинделя	МК 5
Максимальний розмір різців	16×16 мм
Потужність двигуна	3 кВт
Відстань між центрами	500 мм

Для виконання фрезерування квадрату обрано вертикально-фрезерний обробний центр Haas VF-2 (рисунок 2.5) [32]. Це сучасний високопродуктивний верстат із числовим програмним керуванням. Модель належить до серії VF, яка призначена для універсальної обробки деталей середніх розмірів із високою точністю.



Рисунок 2.5 – Зовнішній вигляд верстату Haas VF-2 [2/10]

Верстат має такі робочі переміщення, що забезпечує достатній робочий простір для розміщення заготовки та допоміжного інструменту. Шпиндель із конусом BT40 дає можливість ефективно виконувати чорнове та чистове фрезерування різних матеріалів.

					7.131.24.2545.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Наявність магазину на 20 інструментів забезпечує оперативну зміну фрез і підвищує продуктивність обробки, та можливість використання верстату для виконання декількох операцій без переналаштування.

Використання обробного центру Haas VF-2 гарантує високу точність позиціонування, стабільну якість поверхні та скорочення допоміжного часу завдяки автоматизованому керуванню. Верстат є оптимальним вибором для виконання операції фрезерування квадрата на торці вала та інших складних фрезерних робіт. Частково технічні характеристики даного верстату наведені в таблиці 2.9 [32].

Таблиця 2.9 – Технічні характеристики Haas VF-2

Характеристика	Значення
Максимальна потужність	22.4 kW
Максимальна швидкість	8100 rpm
Максимальний крутний момент	122.0 Nm @ 2000 rpm
Макс. крутний момент з опціональною коробкою передач	339 Nm @ 450 rpm
Система приводу	Inline Direct-Drive
Конус	CT40 BT40 HSK-A63
Змащення підшипників	Air / Oil Injection
Охолодження	Liquid Cooled
Довжина столу	914 mm
Ширина столу	356 mm
Максимальна вага на стіл	1361 kg

Для різьбошліфувальної операції передбачене використання верстату Drake GS:TE 200. Серія GS:TE призначена для обробки зовнішніх шліфувальних різьб. В загальному розумінні це високоточний CNC-шліфувальний комплекс, призначений для зовнішньої обробки різьб, гвинтів, черв'ячних валів, силових

					7.131.242545.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

гвинтів та інших деталей. Верстат оснащений меню-керуванням PartSmart™ [33], що значно спрощує налаштування процесу, та лінійними приводами для динамічної та точної обробки. Зовнішній вигляд верстату наведено на рисунку 2.6.



Рисунок 2.6 – Зовнішній вигляд різбошліфувального верстату Drake GS:TE 240-360 [34]

Верстат має низку переваг для виконання поставленої задачі:

- Здатність точно шліфувати трапецієподібні профілі різьби завдяки системі SmartForm™ та автоматичному балансуванню шпинделя.
- Висока жорсткість та стабільність завдяки використанню лінійних моторів і литої полімер-чавунної основи.
- Менше часу на налаштування та переналадку завдяки меню-інтерфейсу PartSmart™: оператор вводить лише параметри деталі, і верстат сам налаштовує цикл.

Таким чином, верстат Drake GS:TE 200 відповідає вимогам завдання: він забезпечує точність, повторюваність та відповідну довжину обробки, а також має запас по діаметру та потужності для шліфування інших типорозмірів різьб.

Короткі технічні характеристики наведені в таблиці 2.10.

					7.131.242545.ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Даний верстат поперше дозволяє покращити якість різьбової поверхні гвинта, що забезпечить експлуатаційні властивості даної деталі. Крім того, така обробка дозволяє виконати наступну операцію покриття додатковим шаром цієї поверхні.

Таблиця 2.10 – Технічні характеристики Drake GS:TE 240-360

Характеристика	Показник
Відстань між центрами, мм	360 мм
Максимальний діаметр, мм	240 мм
Діаметр кола , мм	115-152 мм
Потужність, кВт	12
Максимальна швидкість інструменту, об/хв	8000
Розміри, мм	2200 - 2700
Вага, т	7
Кількість вісей CNC	4

2.3.6 Вибір пристосувань

В загальній практиці при виборі пристосувань керуються наступним: для одиничного і дрібносерійного виробництва застосовують універсальні пристрої (патрони, лещата, ділильна головка і т.п.). У великосерійному і масовому виробництві застосовують, головним чином, спеціальні пристрої, які скорочують допоміжний і основний час [21].

В розробленому техпроцесі на виготовлення гвинта при обранні пристосувань керувались можливістю самих верстатів та можливістю забезпечувати високу продуктивність, точність обробки та економічність.

Таким чином в якості пристосувань при виконанні операцій за технологічним процесом передбачено використання стандартизованих затискних пристроїв: на токарному верстаті з ЧПК - гідравлічного трьох-кулачкового патрону і центру,

					7.131.242545.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

на зубошліфувальному верстаті – гідравлічні системи затиску. Останні в свою чергу мають ряд переваги, серед яких: рівномірне розширення по всій довжині затиску, відмінна радіальна концентрація до 2 мкм, самоцентрування по діаметру затиску, жорстка конструкція, стійка до вібрації, герметична система з низькими вимогами до обслуговування, захищені від забруднення, підходить для тонкостінних заготовок, без деформації.

2.3.7 Вибір різального і допоміжного інструментів

При виборі типу і конструкції ріжучого інструменту враховуються: характер виробництва, метод обробки, тип верстата, розмір, конфігурацію і матеріал заготовки, необхідні якість поверхні і точність обробки, що необхідно досягти.

Прийнятий ріжучий інструмент повинен задовольняти вимогам точності обробки і продуктивності технологічного процесу, а також мінімальній вартості.

Для заготівельної операції – затискний механізм стрічкової відрізної пили та стрічкова пила.

Для фрезерно-центрувальної операції: центрувальне свердло 2210-0071 P6M5, свердло центрувальне 2317-0106.

Для чорнового точіння зовнішніх діаметрів використовуємо: різець прохідний різець PCLNL2525M12 з пластиною CNMG120404-M5 TP2501.

Для напівчистового і чистового точіння використовуємо: різець DWLNR2525M08 з пластиною WNMG080616-M6 TP1501, різець CPIR2525M0612 з пластиною LCMP1606008-0600PT TGP25.

Для фрезерування квадрату: фреза Walter Prototyp F4041.T36.040.Z03.13.

Для нарізання різьби: різець CER2525M16QHD з пластиною 16ER201ISO CP500, різець CER2525M27QHD з пластиною. 27ER66OTR CP500.

Для зубошліфувальній операції профільне CBN коло шириною 15-25 мм, з зернистістю еквівалентною FEPA $\approx 120-220$. Наприклад: GENIS 2 11V9

					7.131.24.2545.ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

150×10×20 126 C125 V54 або Norton VITRIFIED CBN 12A2-125, або схожі кола з модельного ряду 3M Hybrid bond, 3M Vitrified bond або 3M Electroplated bond.

2.3.8 Вибір засобів технічного контролю

Визначальними чинниками при виборі контрольно-вимірювальних засобів є необхідність забезпечення потрібної точності та достовірності вимірювань, а також витрати часу та коштів на проведення контролю.

У зв'язку з тим, що більшість операцій здійснюється на верстатах із числовим програмним керуванням, точність отримуваних розмірів досягається завдяки атестованій технологічній програмі без залучення контрольних засобів.

На верстатах, передбачених технологічним процесом виготовлення деталей, застосовуються методи активного контролю.

Для визначення діаметральних розмірів і довжин деталей використовуються універсальні вимірювальні інструменти та прилади.

Для контролю шорсткості поверхні передбачене використання вимірювача шорсткості (профілометра) Novotest TMR200.

Для контролю діаметрів передбачено застосування штангенциркулю ШЦ-IV-400-0,1, штангенциркулю ШЦ-I-125-0,05, кільця різьбового M28x2-6g, кільця різьбового Тг36х6-7е.

2.3.9 Розмірний аналіз і визначення операційних розмірів з допусками

Основна мета розмірного аналізу технологічного процесу полягає у коректному та обґрунтованому встановленні проміжних і кінцевих розмірів деталі, що обробляється, а також допусків на ці розміри. Особливої уваги це потребує для лінійних розмірів, які пов'язують протилежні поверхні, що піддаються багаторазовій обробці. Застосування ыснуючих методів для визначення припусків на такі поверхні суттєво ускладнює процес встановлення

					7.131.242545.ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

технологічних розмірів на проміжних етапах обробки та їхніх граничних відхилень. Для виконання розмірного аналізу виконаємо побудову розмірної схеми технологічного процесу (рисунок 2.7) [36].

Виходячи з побудованої розмірної схеми (див. рис. 2.7) знаходимо усі технологічні розмірні ланцюги.

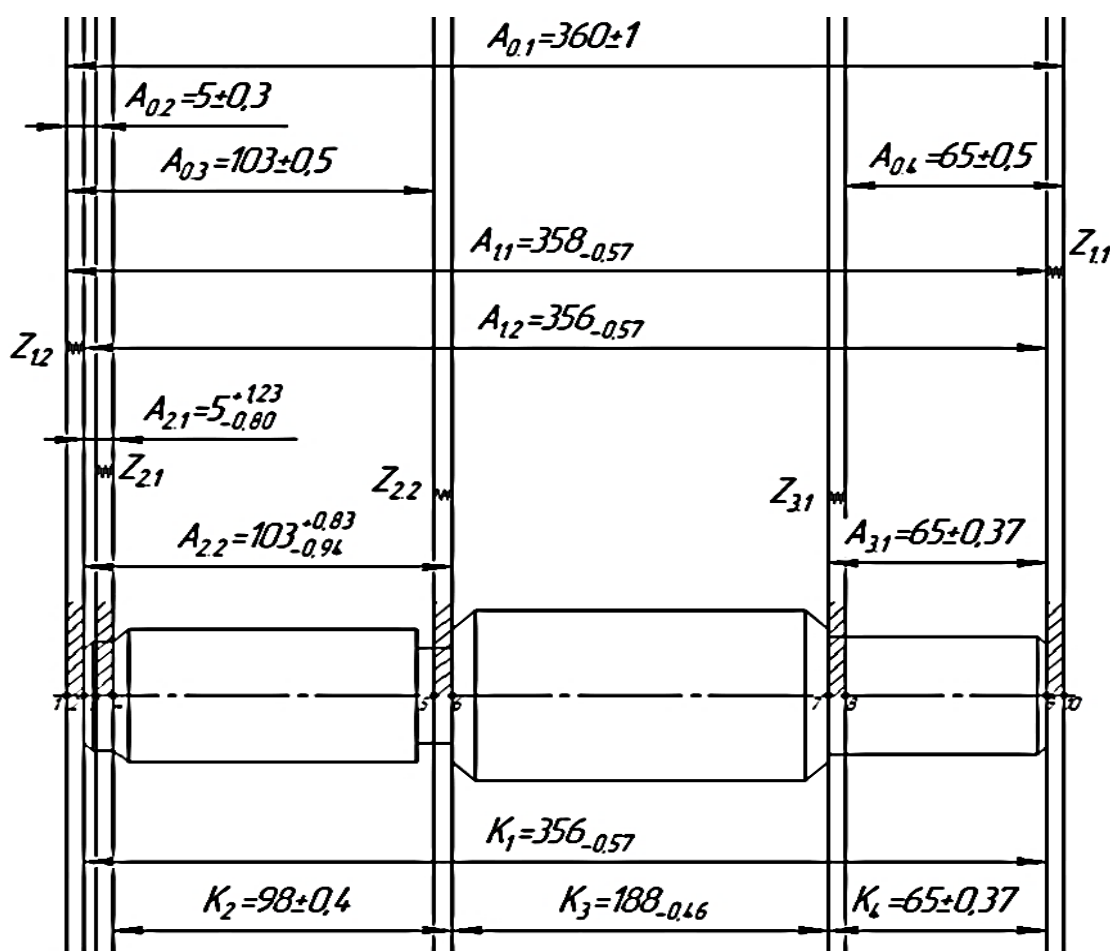


Рисунок 2.7 – Розмірна схема технологічного процесу

Першим кроком, будуємо граф технологічних розмірних ланцюгів (рисунок 2.8).

На наступному етапі на сформований граф наносяться інші розміри з розмірної схеми, розміщуючи їх між відповідними вершинами (рисунок 2.9). На основі отриманого графу комплексів розмірів визначаємо усі розмірні ланцюги.

У певних випадках розмірний ланцюг формується лише з двох розмірів, що призводить до збігу конструкторських і технологічних розмірів та усуває потребу в додаткових обчисленнях. В інших ситуаціях виникає необхідність проведення додаткових розрахунків для визначення невідомих величин. Виявлені розмірні ланцюги представлені на рисунку 2.10 (ланцюги 1 та 2).

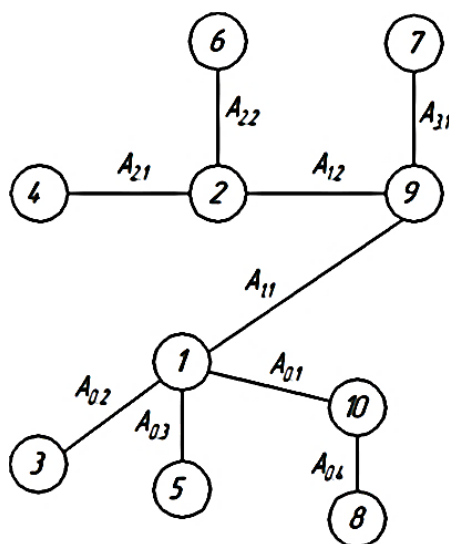


Рисунок 2.8 – Граф технологічних розмірів

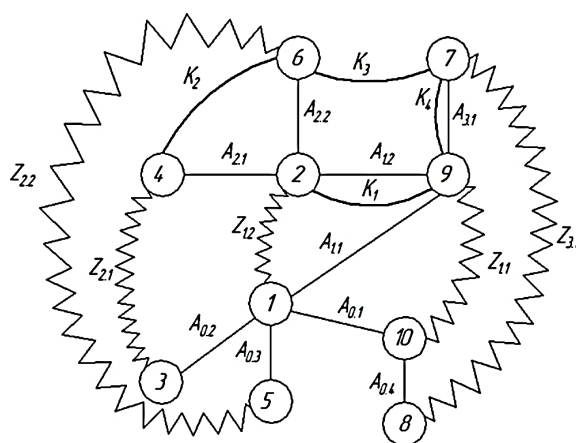


Рисунок 2.9 – Граф комплексів розмірів

В інших ситуаціях виникає необхідність проведення додаткових розрахунків для визначення невідомих величин (див. рис. 2.11 ланцюги 3-9).

Нажче наведено виконані розрахунки для кожного з ланцюгів:

					7.131.242545.ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ланцюг 1: $K1 = A1.2 = 356_{-0,57}$

Ланцюг 2: $K4 = A3.1 = 65 \pm 0,37$

Ланцюг 3: $K3 = -A2.2 + A1.2 - A3.1$

$$A2.2 = A1.2 - A3.1 - K3$$

$$A2.2 = 356_{-0,57} - 65 \pm 0,37 - 188_{-0,46} = 103_{-0,94}^{+0,83}$$

Ланцюг 4: $K2 = -A2.1 + A2.2$

$$A2.1 = A2.2 - K2$$

$$A2.1 = 103_{-0,94}^{+0,83} - 98 \pm 0,4 = 5_{-0,8}^{+1,23}$$

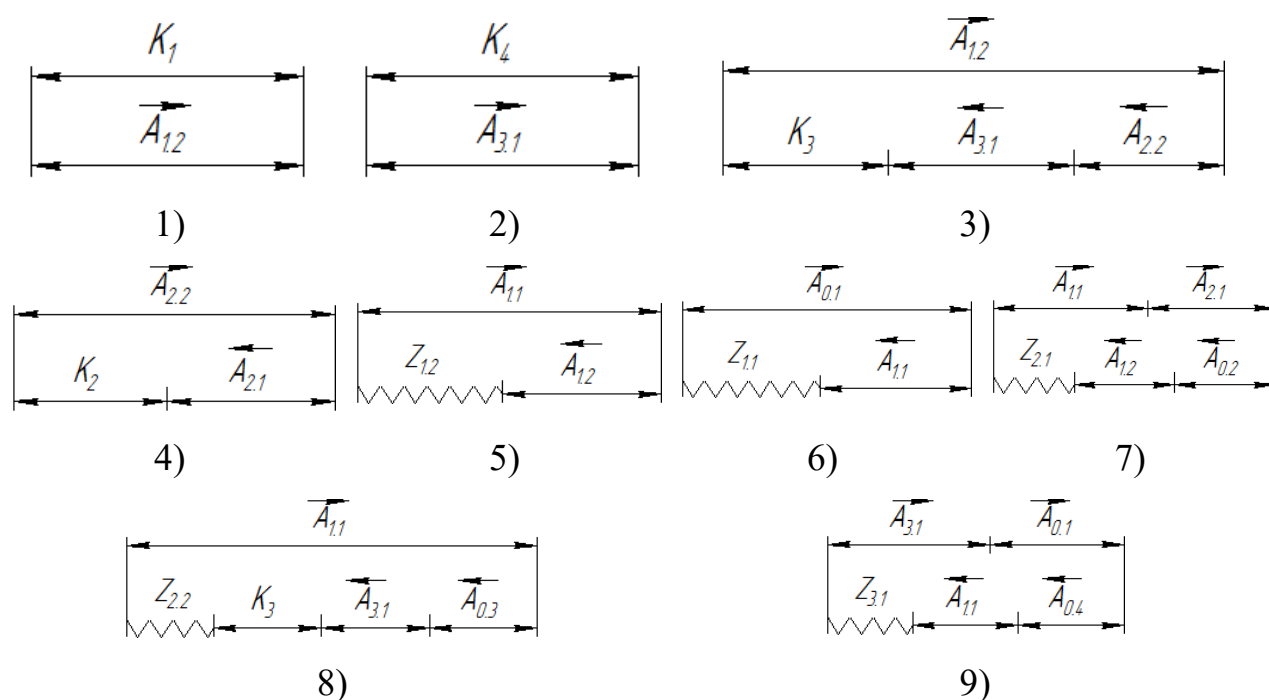


Рисунок 2.10 – Виявлені розмірні ланцюги

Ланцюг 5: $Z1.2 = A1.1 - A1.2$

$$Z1.2 = 358_{-0,57} - 356_{-0,57} = 2 \pm 0,57$$

Ланцюг 6: $Z1.1 = -A1.1 + A0.1$

$$Z1.1 = -358_{-0,57} + 360 \pm 1 = 2_{-1,00}^{+1,57}$$

Ланцюг 7: $Z2.1 = -A0.2 + A1.1 - A1.2 + A2.1$

$$Z2.1 = -5 \pm 0,3 + 358_{-0,57} - 356_{-0,57} + 5_{-0,8}^{+1,23} = 2_{-0,33}^{+0,993}$$

Ланцюг 8: $Z2.2 = -A0.3 + A1.1 - A3.1 - K3$

					7.131.242545.ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Z2.2 = -103 \pm 0,5 + 358_{-0,57} - 65 \pm 0,37 - 188_{-0,46} = 2_{+0,56}^{+1,33}$$

$$\text{Ланцюг 9: } Z3.1 = A3.1 - A1.1 + A0.1 - A0.4$$

$$Z3.1 = 65 \pm 0,37 - 358_{-0,57} + 360 \pm 1 - 65 \pm 0,5 = 2_{+0,13}^{+2,44}$$

2.3.10 Визначення припусків на обробку та розмірів заготовки

Для визначення припусків на механічну обробку гвинта в рамках роботи використаємо розрахунково-аналітичний та дослідно-статистичний методам.

Величину припусків на механічну обробку для поверхні 25h11_(-0.13) визначимо розрахунково-аналітичним методами [10,11].

Маршрут обробки:

- чорнове точіння: шорсткість Ra 12.5,
- напівчистове точіння: шорсткість Ra 6.3.

Сумарна похибка просторових відхилень розраховується за формулою:

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\Delta_{\Sigma k}^2 + \Delta_{\text{ц}}^2} \quad (2.6)$$

де $\Delta_{\Sigma k}$ – сумарне відхилення вісі від прямолінійності,

$\Delta_{\text{ц}}$ – зміщення заготовки в результаті центрування

Даний показник визначається за формулою:

$$\Delta_{\Sigma k} = l * \frac{\Delta_k}{\Delta_k^2 + 0.25} \quad (2.7)$$

де l – довжина заготовки (для нашого випадку вона становить 360 мм).

Δ_k – відхилення вісі деталі від прямолінійності ($\Delta_k = 0,12$ мм).

$$\Delta_{\Sigma k} = 360 * \frac{0,12}{0,12^2 + 0.25} = 360 * \frac{0,12}{0,2644} = 163,38 \text{ мкм} \cong 163 \text{ мкм}$$

					7.131.242545.ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зміщення заготовки в результаті центрування визначається за формулою:

$$\Delta_k = 0,25 * \sqrt{T^2 + 1}$$

де T – допуск на розмір заготовки (відповідно до стандарту на виготовлення прокатного прутка діаметром 40 мм становить 1,1 мм)

$$\Delta_k = 0,25 * \sqrt{1,1^2 + 1} = 0,25 * 1,487 \cong 0,372$$

Підставивши значення, отримуємо сумарну похибку відхилень:

$$\Delta_\Sigma = \sqrt{163^2 + 372^2} = \sqrt{164953} \cong 462 \text{ мкм}$$

Похибку встановлення (ϵ_y) приймаємо рівну 200 мкм.

Точність і якість поверхні після механічної обробки:

$$R_{z2} = 63 \text{ мкм}, T_2 = 60 \text{ мкм}, \rho = 406 \cdot 0,06 = 24 \text{ мкм}.$$

$$R_{z3} = 30 \text{ мкм}, T_3 = 30 \text{ мкм}; \rho = 406 \cdot 0,04 = 16 \text{ мкм}.$$

Припуск на точіння чорнове:

$$2Z_{min} = 2 * \left((R_z + T)_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \rho_{y-i}^2} \right) \quad (2.8)$$

$$Z_{min} = 2 * \left(160 + 250 + \sqrt{406^2 + 200^2} \right) = 2 * 863 = 1726 \text{ мкм}$$

Припуск на чистове точіння:

$$2Z_{min} = 2 * (R_{z2} + T_2 + \rho_2) \quad (2.9)$$

$$2Z_{min} = 2 * (63 + 60 + 24) = 2 * 147 = 294 \text{ мкм}$$

					7.131.242545.ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначимо розрахунковий розмір:

$$D_{max3} = D + es = 2 + 0 = 25 \text{ мм}$$

$$D_{min3} = D_{max3} - \delta_3 \quad (2.10)$$

$$D_{min3} = 25 - 0,13 = 24,87 \text{ мм}$$

$$D_{min i} = D_{min i+1} + 2Z_{min} \quad (2.11)$$

$$D_{min2} = 24,87 + 2 \cdot 0,147 = 25,164 \text{ мм}$$

$$D_{min1} = 25,164 + 2 \cdot 0,863 = 26,89 \text{ мм.}$$

Приймаємо $D_{min1} = 26,9 \text{ мм}$; $D_{min2} = 25,17 \text{ мм}$; $D_{min3} = 24,87 \text{ мм}$.

$$D_{max} = D_{min} + \delta. \quad (2.12)$$

$$D_{max2} = 25,17 + 0,33 = 25,5 \text{ мм};$$

$$D_{max1} = 26,9 + 1,1 = 28 \text{ мм.}$$

Визначимо припуски на обробку:

$$2Z_{max} = D_{max i-1} - D_{max i}; \quad (2.13)$$

$$2Z_{max2} = 28 - 25,5 = 2,5 \text{ мм};$$

$$2Z_{max3} = 25,5 - 25 = 0,5 \text{ мм.}$$

$$2Z_{min} = D_{min i-1} - D_{min i}; \quad (2.14)$$

$$2Z_{min2} = 26,9 - 25,17 = 1,73 \text{ мм};$$

					7.131.242545.ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$2Z_{\min 3} = 25,17 - 24,87 = 0,3 \text{ мм.}$$

Виконаємо перевірку вірність розрахунків:

$$Z_{\max.i} - Z_{\min.i} = \delta_{i-1} - \delta_i. \quad (2.15)$$

$$2500 - 1730 = 1100 - 330;$$

$$770 = 770.$$

$$330 - 130 = 500 - 300;$$

$$200 = 200.$$

Робимо висновок, що розрахунки припусків виконані вірно.

Схема розташування міжопераційних припусків представлена на рисунку 2.11.

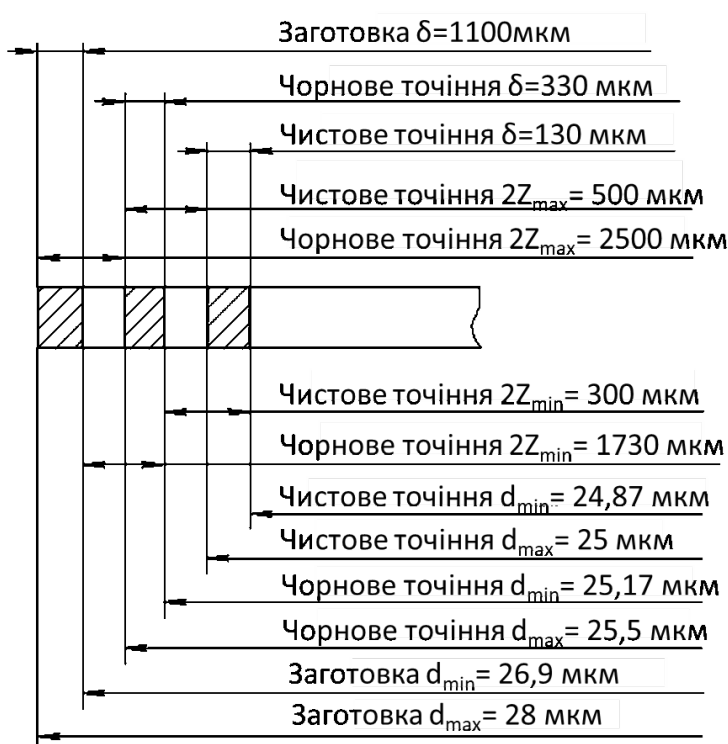


Рисунок 2.11 – Схема розташування міжопераційних припусків

Варто відзначити, що при обробці деталей на верстатах із числовим програмним керуванням не всі технологічні розмірні розрахунки потрібно

					7.131.242545.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

здійснювати вручну. Частину розрахунків виконує система ЧПК верстата відповідно до команд, закладених у керуючій програмі.

Під час обробки деталей на верстатах з ЧПК метод визначення розмірів (ланцюговий, координатний чи комбінований) не впливає на точність отримуваних розмірів, адже вона визначається способом відліку переміщень, що застосовується в конкретній системі числового програмного керування.

2.3.11 Визначення режимів обробки

Визначення режимів обробки виконується з метою забезпечення необхідної точності та якості обробленої поверхні деталі. Під час вибору режимів враховуються тип і технічні характеристики верстата, інструмент, що застосовується, матеріал заготовки, а також вимоги до готового виробу. Основною метою визначення режимів обробки в межах технологічного процесу є досягнення оптимального співвідношення між продуктивністю обробки та якістю отриманої поверхні.

Проведемо визначення режимів обробки для 025 операції, а саме для токарної операції на верстаті Haas ST-10. Визначимо основні параметри режимів обробки для точіння поверхні $\varnothing 23_{-0.16}$:

Глибина різання для данного типу операцій визначається за формулою []:

$$t = \frac{(D_0 - D)}{2} \quad (2.16)$$

Де D – діаметр поверхні, що обробляється (40 мм).мм

D_0 – діаметр заготовки (36 мм), мм

$$t = \frac{(40 - 36)}{2} = 2 \text{ мм}$$

Величину подачі приймаємо рівну $S=0,32$ мм/об.

Швидкість різання розраховується за формулою:

					7.131.242545.ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v \quad (2.17)$$

де T - стійкість різця, хв. ;

S - подача, мм / об.

C_v , m , x , y – коефіцієнти й показники ступенів, що визначаються за довідниками.

Згідно довідникових даних приймаємо значення коефіцієнтів такими: $C_v = 350$, $m = 0,2$, $x = 0,15$, $y = 0,35$;

Коефіцієнт K_v є добутком коефіцієнтів, що враховують: .

вплив матеріалу заготовки $K_{mv} = 0,765$,

стан поверхні $K_{nv} = 0,9$,

матеріал інструменту $K_{uv} = 1$

Підставивши всі значення

$$V_p = \frac{350}{45^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,32^{0,35}} \cdot 0,6885 = 151,1 \text{ м/хв}$$

Визначимо частоту обертання шпинделя верстату, за формулою:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \text{ об/хв}, \quad (2.18)$$

$$n_p = \frac{1000 \cdot 151,1}{3,14 \cdot 36} = 1336 \text{ хв}^{-1}$$

Сила різання визначається за формулою:

$$P_Z = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_P \quad (2.19)$$

					7.131.242545.ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де C_p , x , y , n – коефіцієнти й показники степені, що приймаються за довідниками.

Коефіцієнт K_v є добутком інших коефіцієнтів і визначається за формулою:

$$K_p = K_{Mp} * K_{\varphi p} * K_{\gamma p} * K_{\lambda p} * K_{rp}, \quad (2.20)$$

Приймаємо (згідно довідників) $K_{\varphi p} = 0,94$; $K_{\gamma p} = 1$; $K_{\lambda p} = 1$; $K_{rp} = 1$.
Підставивши дані значення отримуємо:

$$K_p = 1,22 \cdot 0,94 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,15.$$

Відповідно, сила різання після підстановки всіх значень дорівнює:

$$P_Z = 10 \cdot 300 \cdot 2^1 \cdot 0,32^{0,75} \cdot 151,1^{-0,15} \cdot 1,15 = 1382,9 \text{ Н}$$

Визначимо потужність різання:

$$T = \frac{P_Z * V}{1020 * 60} = \frac{1382,9 * 151,1}{1020 * 60} = 3,41 \text{ кВт}$$

Тепер виконаємо визначення режимів обробки для операцій точіння канавок
1,6x45⁰, 2,5x45⁰, 4x45⁰

Подачу приймаємо рівну 0,24 мм/об.

Визначимо швидкість різання:

$$V_p = \frac{350}{45^{0,2} \cdot 4^{0,15} \cdot 0,24^{0,35}} * 0,765 = 167,38 \text{ м/хв}$$

Визначимо частоту обертання шпинделя верстату:

					7.131.242545.ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n_p = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{(1000 \cdot 167,38)}{3,14 \cdot 36} = 1480,72 \text{ хв}^{-1}$$

Для спрощення використання та більшої наглядності усі визначені параметри наводимо у вигляді таблиці 2.11. В цій же таблиці наведені режими обробки і для інших операцій, що були визначені аналогічно з вищенаведеними.

Таблиця 2.11 – Визначені режими обробки

Перехід	t, мм	i	S, мм/об	S, мм/хв	n,об/хв	V, м/хв	T ₀ , хв
Операція 020 Фрезерно-центрувальна							
1	2	1	1,12	200	180	35,6	0,55
2	1,575	1	0,04	45	1125	11,7	0,24
Операція 25 Токарна з ЧПК							
1	2	1	0,32	429	1340	151,2	0,69
2	2	2	0,32	611	1910	168	0,35
3	2,5	1	0,32	720	2250	162,4	0,01
4	6	1	0,08	162	2020	126,7	0,04
5	4	1	0,24	355	1480	167,4	0,07
Операція 30 Токарна з ЧПК							
1	2,5	3	0,32	595	1860	146,5	0,35
2	4	1	0,24	355	1480	167,4	0,05
Операція 035 Вертикально-фрезерна							
1	3	4	0,6	189	315	44,5	2,25
Операція 40 Різьбонарізна							
1	0,108	10	2	630	315	27,7	1,52
2	0,146	16	6	120	20	2,26	32
Операція 45 Різьбошліфувальна							
1	0,06	2	0,005	24,22	4840	1900	15,6
2	0,02	2	0,002	9,69	4840	1900	38,8

2.3.12 Технічне нормування технологічного процесу

Нормування технологічного процесу здійснюють по кожній верстатній операції методом технічного розрахунку за нормативами. Виконаємо розрахунок норм часу для токарної операції 025. Згідно попередніх розрахунків, загальна тривалість обробки для даної операції становить 1,16 хв (див. табл. 2.13):

Норма штучного часу визначається за формулою [11]:

$$T_{ш.к} = T_{шт} + \frac{T_{п.з}}{n}, \text{хв} \quad (2.21)$$

де $T_{ш.к}$ - норма штучно-калькуляційного часу, хв;

$T_{шт}$ - норма штучного часу, хв;

$T_{п.з}$ - норма підготовчо-заключного часу на партію деталей, хв;

n - розмір партії деталей, шт.

$$T_{пз} = T_{нал} + T_{доп} + T_{ін} \quad (2.22)$$

Де $T_{нал}$ - час на наладку верстату (14 хвилин);

$T_{доп}$ - час на додаткові прийоми (3 хвилини);

$T_{ін}$ - час на отримання та здачу інструменту (7 хвилин)

$$T_{пз} = 14 + 3 + 7 = 24 \text{ хв}$$

Норма штучного часу визначається за формулою:

$$T_{шт} = T_0 + T_в + T_{об.от} \quad (2.23)$$

де $T_в$ - допоміжний час;

$T_{об.от}$ - час на обслуговування робочого місця;

$T_{ін}$ - час на отримання та здачу інструменту

Допоміжний час:,

					7.131.24.2545.ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_B = k(T_{yc} + T_{уп} + T_{вим}) \quad (2.24)$$

де T_{yc} - час на встановлення зняття деталі (0,1 хв);

$T_{уп}$ - час на прийоми управління (0,01хв);

$T_{вим}$ -час на вимірювання (0,2 хв).

k – коефіцієнт, що враховує тип виробництва.

$$T_B = 1,85(0,1 + 0,01 + 0,2) = 0,57 \text{ хв}$$

Час на обслуговування робочого місця:

$$T_B = \frac{(T_o + T_B) P_{об.от.}}{100} \quad (2.25)$$

де $P_{об.от.}$ – витрати часу на відпочинок у відсотковому відношення до оперативного часу (7%)

$$T_B = \frac{(1,16 + 0,57) * 7}{100} = 0,12 \text{ хв.}$$

$$T_{шт.} = 1,16 + 0,57 + 0,12 = 1,85 \text{ хв.}$$

$$T_{шт.к} = \frac{24}{48} + 1,85 = 2,45 \text{ хв}$$

Аналогічні параметри за схожим алгоритмів розрахунку було визначено і для інших операцій технологічного процесу, а саме: 020, 030, 035, 040 та 045. Всі ці дані наведено нижче у таблиці 2.12, що значно спрощує їх аналіз та подальше використання.

2.3.13 Проектування технологічних налагоджень

У межах виконання дипломної роботи здійснено проектування технологічних налагоджень для операції токарної обробки на верстаті з

					7.131.242545.ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

числовим програмним керуванням Haas ST-10. Метою розроблення є забезпечення стабільності геометричних параметрів деталі, підвищення точності обробки та раціональне використання можливостей верстата.

Таблиця 2.12 – Нормування операцій

№ операції	T ₀	T _в	T _{оп}	T _{об.от}	T _{п-з}	T _{шт}	T _{шт-к}
020	0,79	0,67	1,46	0,1	22	1,56	2,11
025	1,16	0,57	1,73	0,12	24	1,85	2,45
030	0,4	0,43	0,83	0,06	24	0,89	1,49
035	2,25	0,4	2,65	0,18	25	2,83	3,45
040	33,52	1,13	34,65	2,42	24	37,07	37,67
045	54,4	1,27	55,67	4,35	37	56,66	60,02

Графічне оформлення схем технологічних налагоджень виконано відповідно до встановлених вимог:

1) Оброблювана заготовка зображена у довільному масштабі з необхідною кількістю проєкцій для повного уявлення про її геометрію;

2) На кресленні заготовки зазначено контрольовані розміри з граничними відхиленнями та параметрами шорсткості оброблюваних поверхонь;

3) Оброблювані поверхні прив'язано до технологічних баз за допомогою координатних розмірів;

4) У схемі налагодження показано напрямки робочих рухів ріжучих інструментів і заготовки, положення інструмента в кінцевій точці робочого ходу, а також спосіб його закріплення в інструментальній головці верстата;

5) У технічних вимогах креслення зазначено назву операції, модель технологічного обладнання, тип пристосування, характеристику ріжучого інструмента, режими різання або ідентифікатор керуючої програми.

Розроблені схеми технологічних налагоджень із кодами керуючих програм подано в графічній частині дипломної роботи.

					7.131.24.2545.ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2 Фінішна обробка силового гвинта лещат

Після нарізання трапецієподібної різьби (Tr36×6 або подібної) точність профілю не завжди відповідає вимогам 6–7-го квалітету, крім того, на різьбі можуть залишатись задири, мікротріщини й залишкові напруження.

По-перше, нарізання різьби різцем на токарному верстаті — це метод, у якому профіль формується копіюванням геометрії різця. Тобто, будь-які похибки у профілі різця, люфти у гвинтовій парі супорта верстату, неточність подачі чи деформації заготовки призводять до появи похибок кроку, кута профілю та середнього діаметра. Для даного методу отримання різьби звичайна досяжна точність становить лише IT8...IT9.

По-друге – при обробці загартованої сталі великий ризик появи мікротріщин та задирів. До цього призводить наступне: у процесі різання на бокових поверхнях витків різьби виникають значні контактні напруження та локальне підвищення температури; у випадку зношеності різця або зовеликої подачі, метал при різанні зсувається пластично, утворюючи задири. Особливо помітно це явище на вершинах різьби; мікротріщини можуть виникати через термомеханічні напруження у загартованій сталі.

По-третє, під час різання матеріалу в поверхневому шарі присутня пластична деформація, а після проходження різця поверхневий шар намагається відновити свою форму (пластичній деформації за фізикою процесу передую пружна деформація), що призводить до появи залишкових розтягуючих напружень. Ці напруження знижують опір втомі та сприяють появі задирів і мікрозадирів під час роботи (особливо у парі «гвинт–гайка»).

Все це поясню, чому необхідне додаткове шліфування різьби в новому технологічному процесі, та послідує операція нанесення покриттів. Тобто за рахунок шліфування забезпечується експлуатаційні характеристики різьбової частини силового гвинта, а послідує нанесення покриття дозволяє підвищити дані експлуатаційні параметри.

					7.131.24.2545.ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.4.1 Підготовка поверхні

Як вже вказувалось раніше силовий гвинт є однією з ключових складових деталей у конструкції будь-яких лещат і саме від нього безпосередньо залежить точність і стабільність закріплення оброблюваної деталі в цих лещатах. У процесі роботи гвинт зазнає значних осьових навантажень і працює в умовах циклічного тертя в парі «гвинт – гайка» (рисунок 2.12). У таких умовах з часом виникають зношування профілю різьби, задири та збільшення люфтів, що призводить до втрати точності позиціювання і, як наслідок, погіршення якості обробки деталі на верстаті. Навіть незначне ослаблення затиску чи мікропереміщення заготовки в лещатах під час її обробки різанням спричиняє появу розмірних похибок, порушення геометрії поверхонь та зниження чистоти обробки, а все це означає зниження якості готової продукції або додаткові витрати часу на переналаштування верстату і постійного контролю стану затискного механізму. Тому забезпечення високої зносостійкості та стабільної геометричної точності силового гвинта має першорядне значення для довговічності лещат і точності верстатних операцій.

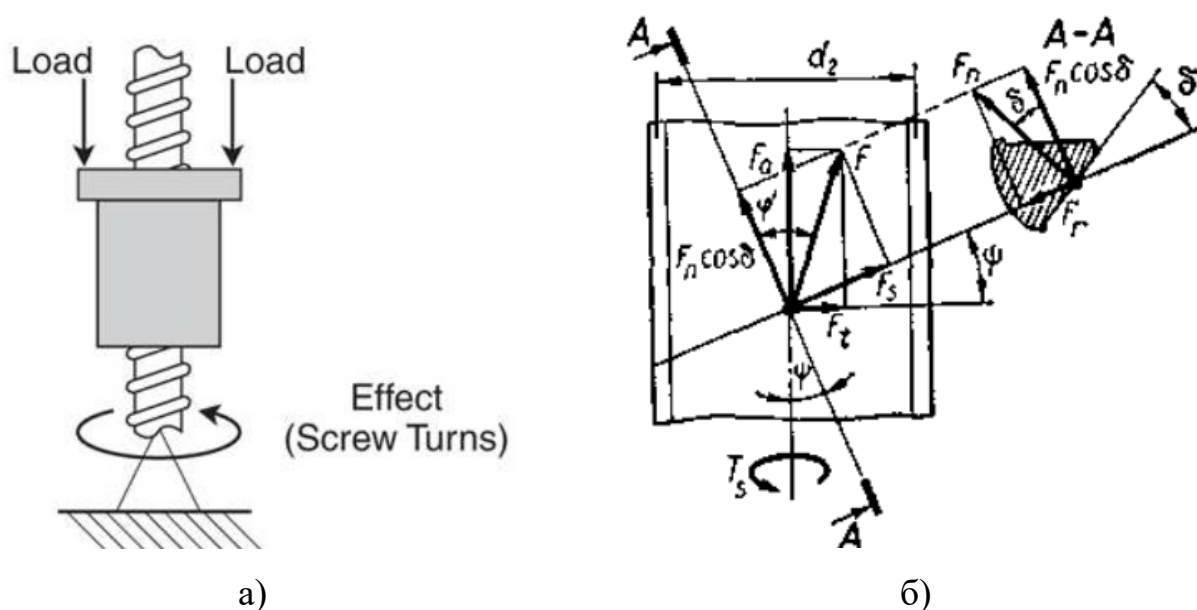


Рисунок 2.12 – Схема навантажень у парі гвинт-гайка (а), схема дії сил для визначення моменту сил тертя (б), моделювання контакту різьби (в)

					7.131.242545.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Існують роботи присвячені вивченню стійкості різьбових з'єднань гвинт-гайка. Так в роботі R. Lipsett запропоновано визначати коефіцієнт тиск-швидкість (PV), що дозволяє визначити навантаження, швидкість та робочий цикл, які може витримати з'єднання (рисунок 2.13).

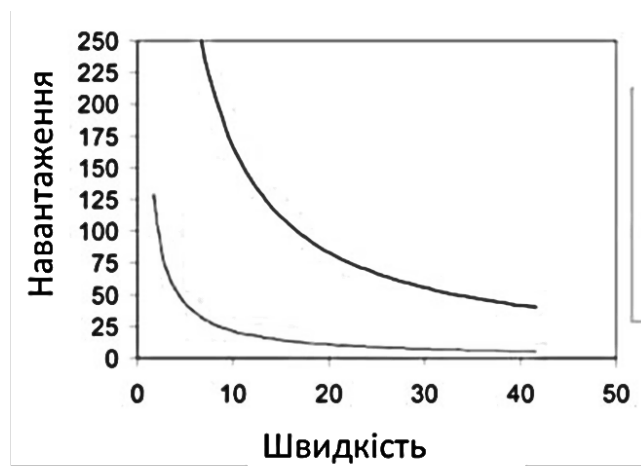


Рисунок 2.13 – Графік залежності швидкість – навантаження (при визначенні параметру PV) [37]

Матеріалом для виготовлення більшості силових гвинтів, як і в рамках даної роботи, є конструкційна легована сталь 40X. Дана сталь піддається термічній обробці, і в результаті значно підвищується її межа міцності ($\sigma_B \approx 900\text{--}1000\text{ МПа}$) і твердість (до 45–50 HRC) (рисунок 2.14).

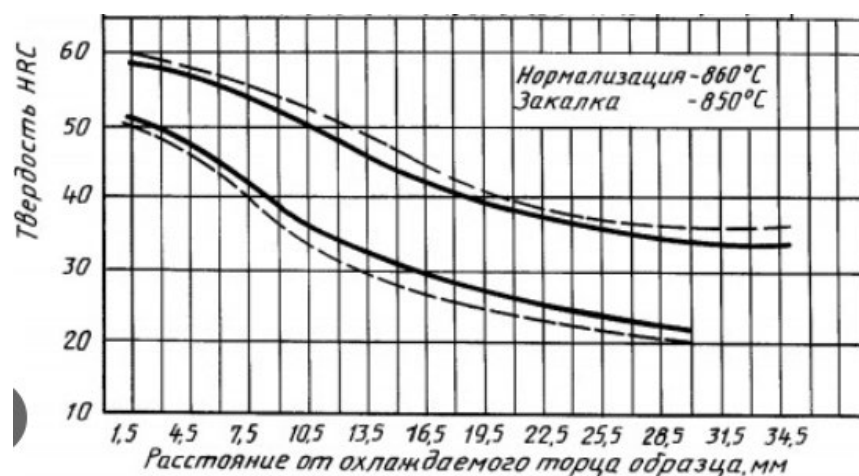


Рисунок 2.14 – Смуга загартовуваності сталі 40X

					7.131.242545.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Одразу слід відзначити, що звичайні абразивні кола не дозволяють якісно обробляти сталі з такими показниками міцності, через те що:

1. Електрокорунд (Al_2O_3) і карбід кремнію (SiC) мають відносно низьку теплостійкість, а при шліфуванні загартованої сталі температура у зоні різання може досягати 800–1000 °С. При такій температурі зерна звичайних абразивів швидко тупляться, спікаються і руйнуються. Все це призводить до припалів поверхні, втрати твердості та появи мікротріщин на різьбі.

2. У сталі 40X після гартування структура мартенситна, дуже тверда й пружна, що призводить до пружного відновлення матеріалу. Звичайні абразиви не забезпечують достатньої ріжучої здатності, через що замість різання відбувається ковзання і мікропластична деформація поверхні, в наслідок чього шорсткість не знижується, а навпаки, погіршується.

3. При роботі по сталі твердістю понад 45 HRC звичайні абразиви мають мале збереження форми, тобто профіль кола швидко спотворюється. Для шліфування трапецієподібної різьби (яка має складну форму профілю) це критично, адже навіть мікрозміна форми круга призведе до втрати точності профілю різьби.

4. Через зношування зерен і нагрів заготовки процес стає нестабільним — змінюється глибина різання, виникають розмірні похибки по всій довжині гвинта. Для випадку розглядаємого гвинта це суттєво, так як довжина різьбової частини цієї різьби становить 188 мм.

5. Звичайні кола дають шорсткість $R_a \approx 1.6\text{--}2.5$ мкм навіть за оптимальних режимів. Для силового гвинта з високими вимогами до плавності руху гайки це критичний параметр.

6. При перегріві можливий відпуск поверхневого шару сталі 40X, що призведе до локального зниження твердості до 35–40 HRC і, відповідно, зниженню експлуатаційних характеристик. У місцях таких зон знос прискорюється у декілька разів.

Саме через ці недоліки для шліфування в розробленому технологічному процесі пропонується використання CBN-кола (рисунок 2.15).

					7.131.24.2545.ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.15– Зовнішній вигляд CBN кола

Перевагами даного виду абразивних кіл в порівнянні з звичайними абразивними колами є:

1. Мають більшу термостійкість, а саме 1350–1500 °C у повітрі, до 2000 °C у вакуумі чи нейтральному середовищі [38]
2. Висока ріжуча здатність (рисунок 2.16) Даний показник досі збільшується за рахунок використання більш сучасних матеріалів (рисунок 2.17).
3. Дозволяють досягти шорсткості $R_a = 0.4\text{--}0.8$ мкм без перегріву й з меншим числом проходів.

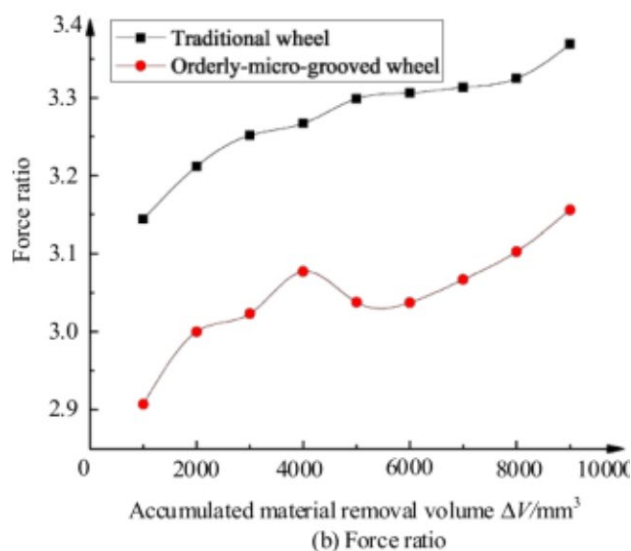
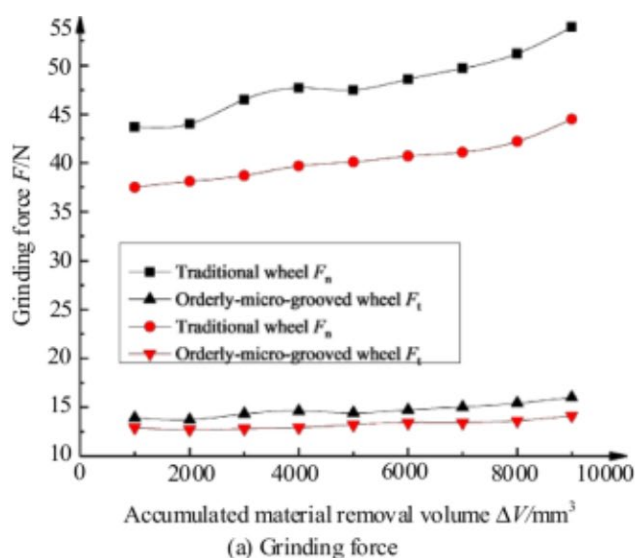
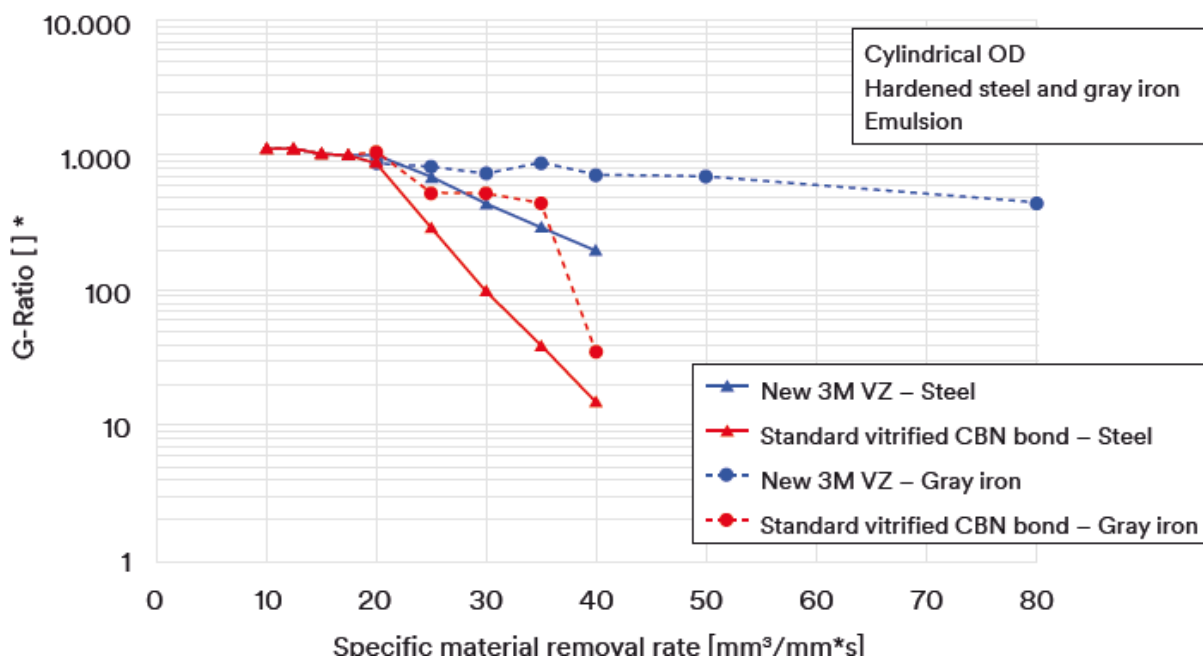
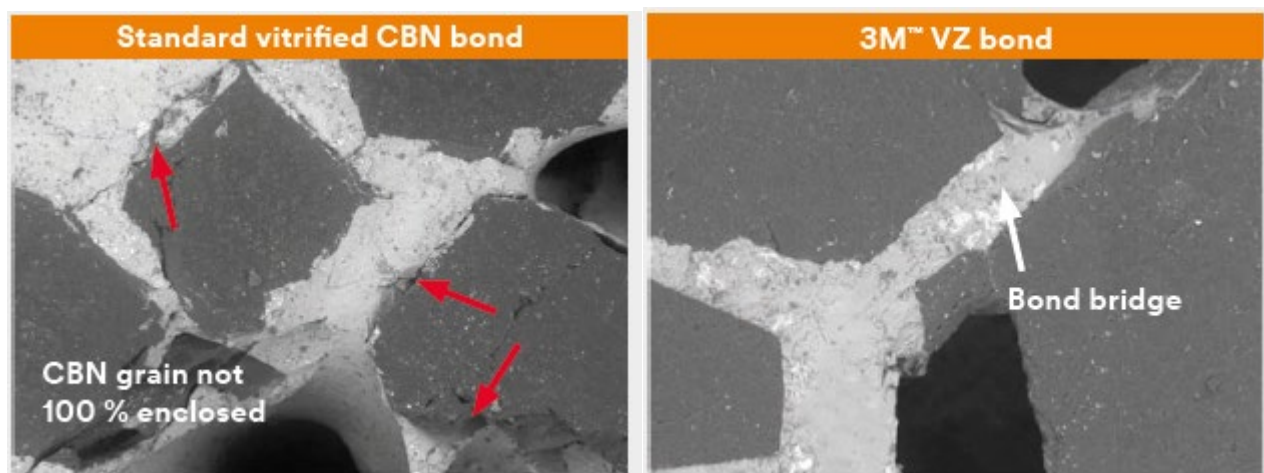


Рисунок 2.16 – Порівняння звичайних абразивних кіл з CBN колами

Проте навіть при таких характеристиках поверхня різби залишається вразливою до контактного зношування, особливо за умов сухого або граничного тертя, що характерно для більшості лещат (рисунок 2.18).



a)



б)

Рисунок 2.17 – Порівняння стійкості звичайних кіл CBN та більш сучасних від фірми 3М (а) вигляд поверхні різних CBN кол під мікроскопом (б) [39]

Для підвищення експлуатаційної надійності важливим є не лише вибір матеріалу, а й застосування ефективних технологій фінішної обробки.

					7.131.242545.ПЗ	Арх.
Змн.	Арх.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Підготовчою фінішною обробкою обрано профільне шліфування, а остаточною операцією для підвищення експлуатаційних параметрів обрано нанесення захисно-функціонального покриття.

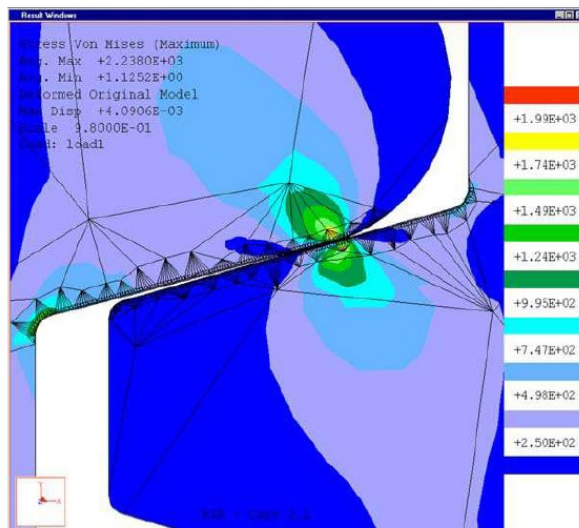


Рисунок 2.18 – Моделювання контакту з'єднання гвинт-гайка

2.4.2 Нанесення покриття

Як вказувалось раніше, фінішне шліфування дозволяє усунути похибки після нарізання, сформувати чисту поверхню з низькою шорсткістю ($Ra \leq 0.8$ мкм), забезпечити правильну геометрію профілю та оптимальну посадку пари «гвинт–гайка», що визначає експлуатаційні характеристики силового швинта і, як наслідок, лещат.

Однак навіть після високоточного шліфування зносостійкість поверхні залишається обмеженою, адже в умовах тривалого тертя з'являються мікропластичні деформації, окислення і задири. Для підвищення експлуатаційної надійності та зносостійкості застосовують операцію нанесення захисно-функціональних покриттів. Покриття виконують декілька ключових функцій: зменшення коефіцієнта тертя між поверхнями гвинта та гайки, підвищення твердості поверхневого шару, запобігання корозії та стабілізацію

					7.131.24.2545.ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

трибологічних характеристик. Залежно від умов експлуатації, вибір типу покриття здійснюють із урахуванням його товщини, мікроструктури, адгезії до основного матеріалу та технологічних можливостей підприємства.

Одним з перспективних напрямків, на сьогодні, є комбінування фінішного шліфування з послідовним нанесенням твердих тонкоплівкових покриттів.

1) Термохімічні покриття, до яких відносяться нітрування, цементация та карбонітрування;

2) Гальванічні та хімічні покриття, наприклад, тверде хромування та покриття нікелем із застосуванням електрохімічних або безструмових методів;

3) Покриття PVD та CVD, такі як TiN, CrN, DLC;

4) Тверді мастильні покриття, наприклад, MoS₂, WS₂, PTFE;

5) Комбіновані системи або duplex-покриття, що поєднують, наприклад, термохімічну обробку з PVD-покриттям.

Термохімічні покриття створюються шляхом дифузійного насичення поверхневого шару сталі активними атомами (наприклад, азоту або вуглецю), які під впливом підвищеної температури проникають у метал, утворюючи модифікований шар із значно покращеними фізико-механічними параметрами. У разі процесу нітрування, коли азот проникає в поверхню сталі, формується тонкий зовнішній шар нітридів з характерною високою твердістю, що може сягати 1200 HV [40]. Цей шар завдяки жорсткій структурі нітридів забезпечує підвищену зносостійкість та покращену стійкість до втомного руйнування. Під ним, безпосередньо в підповерхневій зоні металу, розташовується дифузійна зона, де атоми азоту або інших активних елементів перебувають у твердому розчині або у вигляді дрібних осаджених нітридів, сприяючи градієнту твердості та міцності.

Процес цементации, у свою чергу, передбачає насичення поверхні сталі вуглецем (часто з азотом) з утворенням глибокого насиченого шару, який після послідовного загартування та відпуску забезпечує високу міцність та твердість. Порівняно з нітруванням, це забезпечує більшу глибину покриття (користь для

					7.131.24.2545.ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

деталей із великими механічними навантаженнями). Однак цей метод має суттєві недоліки: зокрема, можливе виникнення деформацій деталі через значні температурні та фазові зміни, а також тривалість технологічного циклу, що знижує продуктивність. Внаслідок цього при проектуванні виробничих процесів важливо враховувати компроміс між глибиною насичення, витратами часу й ризиком викривлень.

Приклад мікроструктури поверхні сталі 1.2344 після термохімічного покриття наведено на рисунку 2.19. На даній ілюстрації видно, що сам захисний шар після азотування становить всього $7\text{ }\mu\text{m}$, а шар на який проникає азотування - $70\text{ }\mu\text{m}$.

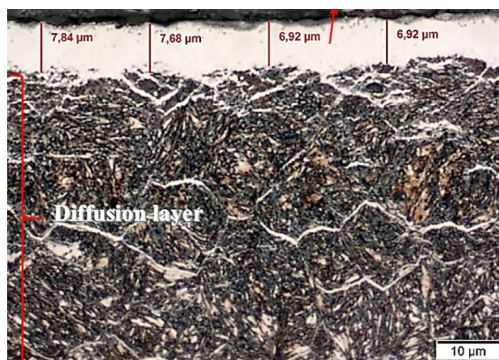


Рисунок 2.19 – Мікроструктура поверхневого шару сталі 1.2344 після азотування

Гальванічні та хімічні покриття, наприклад хромування (рисунок 2.20), забезпечує формування міцного і зносостійкого шару з твердістю до 800 HV, що добре протидіє абразивному і корозійному зношуванню.

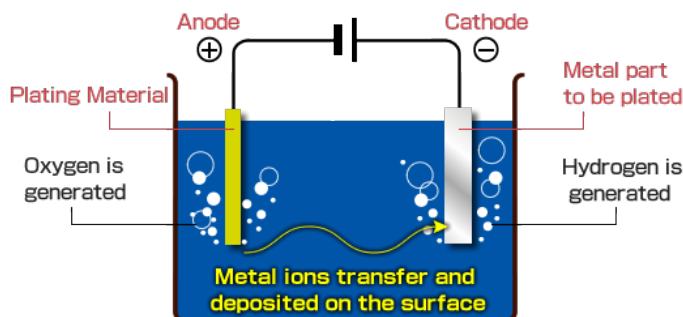
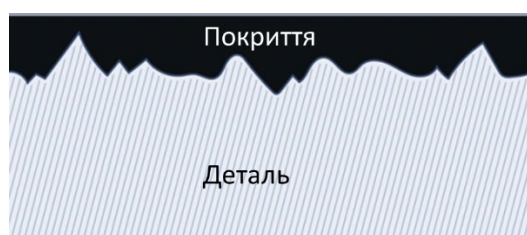


Рисунок 2.20 – Схема процесу хромування

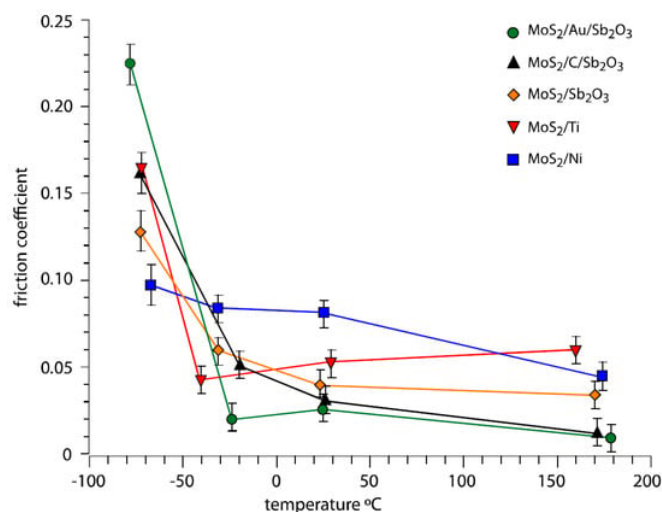
					7.131.242545.ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Процес базується на електролітичному осадженні хрому з хромового розчину на поверхню деталі при контрольованій температурі і густині струму. Нікелювання, може виконуватися як традиційним електрохімічним способом, так і безструмовим (хімічним або автокаталітичним нікелюванням, Ni-P, Ni-B). Дані види нанесення покриттів дозволяють отримати рівномірне тонке покриття рівномірної товщини навіть на складних за геометрією деталях.. Недоліками є токсичність розчинів для електролізу та можливість формування внутрішніх напружень у самому покритті та проблеми з адгезією покриття до основного металу [41].

Тверді мастильні покриття, такі як MoS_2 (дисульфід молібдену), WS_2 (дисульфід вольфраму) та PTFE (політетрафторетилен), застосовуються для зменшення тертя між контактуючими поверхнями без використання традиційних мастильних матеріалів (рисунок 2.21) [42]. Вони формують тонкий, міцний шар, який забезпечує низький коефіцієнт тертя навіть у суворих умовах експлуатації, де застосування рідких мастил ускладнене або неможливе (сухі, вакуумні або високотемпературні середовища) (рисунок 2.22).

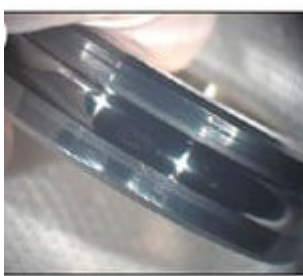


а)



б)

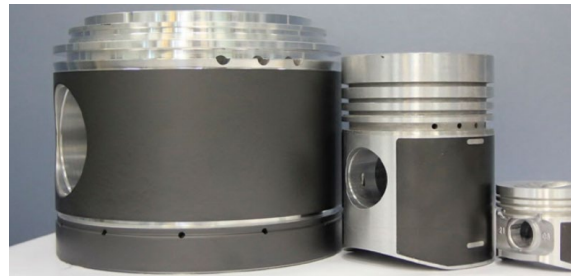
Рисунок 2.21 – Схематичне зображення структури поверхневого шару деталі (а) та залежність коефіцієнту тертя покриття від температури (б)



а)



б)



в)

Рисунок 2.22 – Приклади використання твердих мастильних покриттів: а – підшипникова обойма, б – деталі запірної арматури, в – юбки поршнів двигуна внутрішнього згоряння

Однак ці покриття мають певні обмеження. Зокрема, їх довговічність під великими навантаженнями обмежена через поступове стирання шару, що може призвести до збільшення тертя та зниження ефективності захисту. Крім того, характеристики покриття дуже сильно залежать від товщини шару, методу нанесення, адгезії та навколишнього середовища (рисунок 2.23).

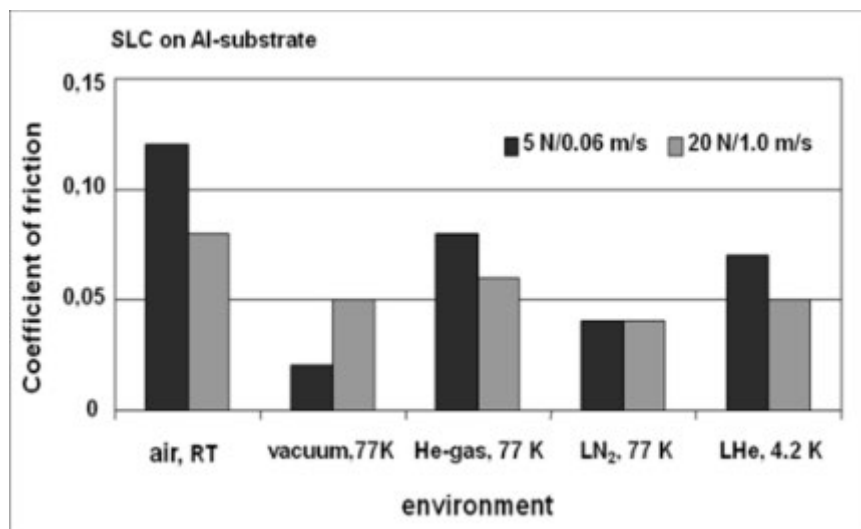


Рисунок 2.23 – Залежність коефіцієнту тертя покриття від навантаження та навколишнього середовища.

Тому при проектуванні деталей із застосуванням твердих мастильних покриттів необхідно враховувати робочі навантаження, умови тертя та

					7.131.242545.ПЗ	Арх.
Змн.	Арх.	№ докум.	Підпис	Дата		49

можливість періодичного оновлення покриття, що у випадку силового гвинта лещат призведе до здорожчання його експлуатації.

PVD-покриття (Physical Vapour Deposition) – це тонкі тверді шари, що осаджуються у вакуумі (рисунок 2.24). Типові матеріали: TiN, CrN, TiCN, DLC. Такі покриття мають низький коефіцієнт тертя (до 0.3), високу твердість (2000–3500 HV) і чудову зносостійкість. Вони не спотворюють геометрію різьби, оскільки товщина шару не перевищує кількох мікрометрів. PVD-осадження проводиться у вакуумній камері шляхом іонного розпилення. Для покращення адгезії застосовують проміжний шар Ti або Cr.

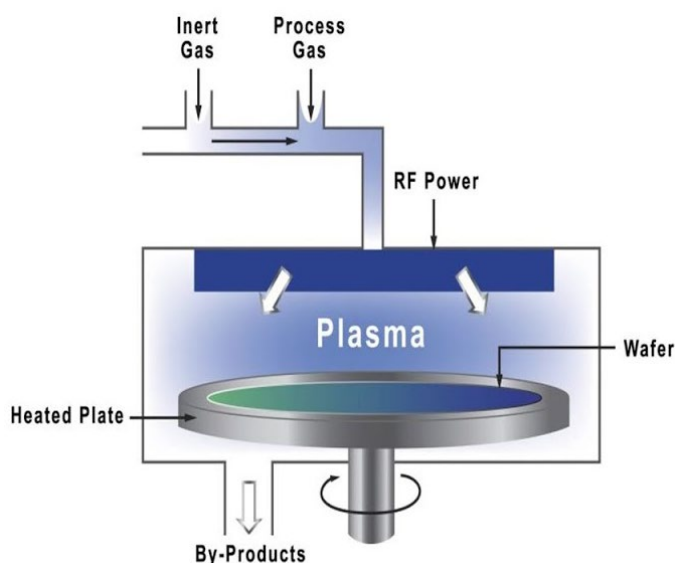


Рисунок 2.24 – Схема процесу нанесення PVD-покриття

CVD-покриття (Chemical Vapour Deposition) застосовують при високих температурах і частіше для виготовлення інструментів. Ця технологія є однією з провідних технологій отримання твердих покриттів у сучасному машинобудуванні, електроніці та суміжних галузях. Суть процесу полягає в хімічній реакції газоподібних прекурсорів на нагрітому субстраті (рисунок 2.25), в результаті якої формується щільний твердий шар на поверхні деталі, а газоподібні побічні продукти видаляються з реакційної камери. Існують різні варіанти CVD, серед яких термічне CVD, при якому реакція відбувається на високих температурах, плазмове CVD (PECVD), що дозволяє знизити

					7.131.24.2545.ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

температуру осадження завдяки активації реакції плазмою, а також методи низького тиску (LPCVD) та метал-органічне CVD (MOCVD), що використовуються для тонких плівок напівпровідників.

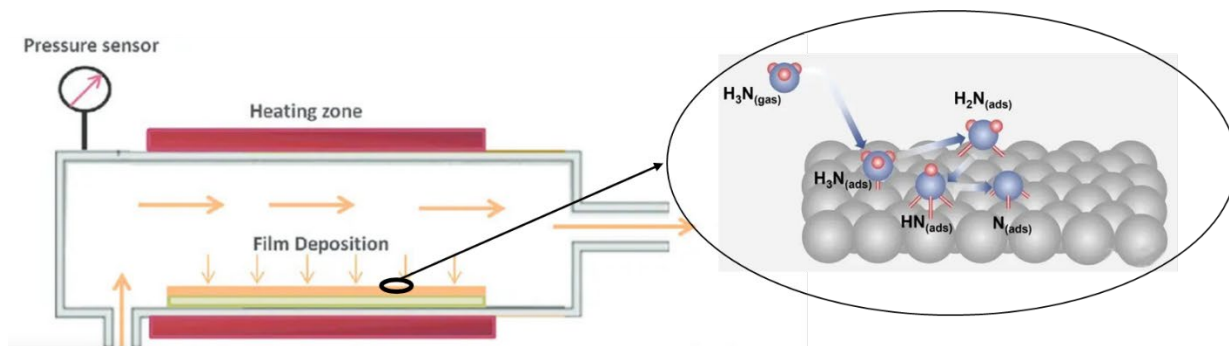


Рисунок 2.25 – Схема процесу отримання CVD покриття

За допомогою CVD можна отримувати карбідні покриття (TiC, SiC), нітридні шари (TiN, CrN, Si₃N₄), діамантоподібні покриття (DLC) та оксидні шари (Al₂O₃, ZrO₂), що дозволяє значно підвищити зносостійкість, корозійну стійкість та зменшити коефіцієнт тертя деталей та інструментів. Технологія забезпечує високу адгезію покриття до деталі та дозволяє обробляти деталі складної геометрії, що робить її незамінною у виробництві ріжучих інструментів, прецизійних деталей та електронних компонентів. Основними обмеженнями процесу є високі температури, які не всі матеріали здатні витримати та складність обладнання. Через ризик деформації гвинта вони рідше використовуються у машинобудуванні для різбових елементів.

Комбіновані покриття, наприклад нітрування + CrN або нітрування + DLC, поєднують твердість шару-підкладки та низьке тертя верхнього шару. Такі подвійні-системи є найбільш перспективними однак, на сьогодні, дорогі.

Аналіз доступних літературних джерел показав, що DLC-покриття забезпечують зниження середнього коефіцієнта тертя приблизно на 30–50% і швидкості зношування на 40% і більше в залежності від системи та середовища [43-45]. Композитні системи diamond/DLC демонструють $\approx 34\%$ зниження коефіцієнта тертя та $\approx 40\%$ зменшення швидкості зношування порівняно з

					7.131.242545.ПЗ	Арх.
Змн.	Арх.	№ докум.	Підпис	Дата		51

одношаровими покриттями [46]. Композити DLC/MoS₂ покращують роботу в умовах змінного середовища та підвищених температур [47].

Нітридні PVD-покриття (TiN/AlTiN, TiAlSiN) підвищують мікротвердість і опір появі задирів, а комбінація з попереднім плазмовим нітруванням покращує адгезію та зносостійкість шару [48-50].

Для оцінки необхідності нанесення покриттів на силовий гвинт лещат, що працює у парі «гвинт–гайка» при домінуванні зношування можна керуватися закономірністю зношування за Арчардом і ресурс гвинта оцінити за формулою:

$$R \approx \frac{1}{k_{wear}}$$

Де k_{wear} - коефіцієнт зношування

Тоді, якщо нанесене покриття зменшує швидкість зношування на величину δw (наприклад 40 %), то очікуваний ресурс деталі зросте у кількість разів, яку можна визначити за формулою:

$$n = \frac{1}{1 - \delta w}$$

В таблиці 2.13 наведені порівняльні характеристики різних процесів отримання покриття після CBN шліфування.

Для розуміння наведених даних розглянемо приклад: якщо силовий гвинт виготовлений з застосуванням CBN шліфування працює безвідмовно 6 місяців, то нанесення покриття PVD TiN дозволить підвисити тривалість роботи до 12 місяців. Це покриття забезпечує значне зниження коефіцієнта тертя, підвищення твердості поверхневого шару, а також поліпшення антикорозійної стійкості. У результаті зменшується швидкість зношування профілю різьби, підвищується стабільність моменту затиску, а лещата зберігають точність позиціонування значно довше.

В той же час слід пам'ятати, що використання покриттів ,які забезпечують шорсткість 0,05 , наприклад DLC покриття, є неможливим для силового гвинта

					7.131.242545.ПЗ	Арх.
						52
Змн.	Арх.	№ докум.	Підпис	Дата		

лещат. Це пояснюється тим, що саме тертя забезпечує стабільність затиску деталей у цих лещатах, і занадто мале значення цього параметру може призвести до самовільного розгвинчування лещат.

Таблиця 2.13 – Порівняння різних варіантів покриттів

Варіант	Типова шорсткість, Ra	Оціночне зниження швидкості зношування	Оцінка ресурсу (n)
Без покриття, мастило (базовий)	0,2–0,4	—	1,0
PVD TiN/AlTiN	0,1–0,3	≈30–50%	≈1,4–2,0
DLC	0,05–0,2	≈40–70%	≈1,7–3,3
Композит DLC/MoS ₂	0,05–0,2	≈50–70% (залежно від середовища)	≈2,0–3,3

Примітка: числові діапазони є орієнтовними узагальненнями на основі доступних опублікованих даних

Таким чином, з точки зору забезпечення експлуатаційних параметрів силового гвинта, в технологічному процесі можливе використання таких методів нанесення покриттів:

- Нанесення покриття PVD TiN
- Нанесення покриття PVD AlTiN
- Нанесення комбінованого покриття нітрування + CrN.

Якісне співставлення цих способів, з точки зору застосування на силовому гвинті верстатних лещат, наведено у таблиці 2.14.

Обираючи серед цих трьох варіантів покриттів варто зупинитись на двох, а саме AlTiN та нітрування + CrN. З точки зору економічної доцільності та мінімальної тривалості процесу обробки доцільним є використання AlTiN покриття, так як тривалість нанесення цього покриття в порівнянні з нітруванням + CrN менша приблизно у 5 разів.

Таблиця 2.14 – Співставлення якісних показників різних варіантів нанесення покриття на силовий гвинт

Варіант	Коефіцієнт тертя	Зносостійкість	Корозійна стійкість	Самогальмування
AlTiN	0,2-0,25	Відмінна	Відмінна	Так
TiN	0,25-0,3	Добра	Добра	Так
нітрування + CrN	0,15-0,18	Відмінна	Відмінна	Так

Однак, якщо лещата будуть постійно в роботі з важкими умовами праці, а простій обладнання занадто дорогий і бюджет дозволяє то перевагу варто віддати нітруванню з CrN.

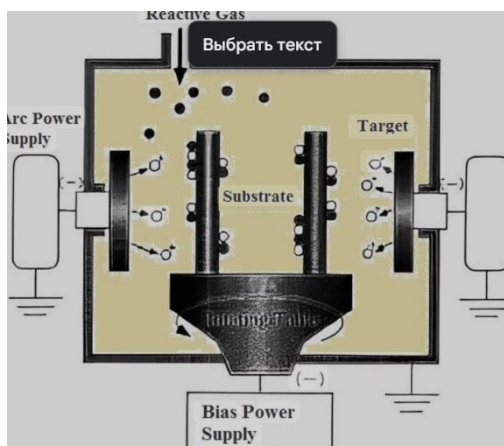
Різні варіанти методів нанесення PVD AlTiN покриття наведені у таблиці 2.15.

Таблиця 2.15 – Методи нанесення PVD AlTiN покриття

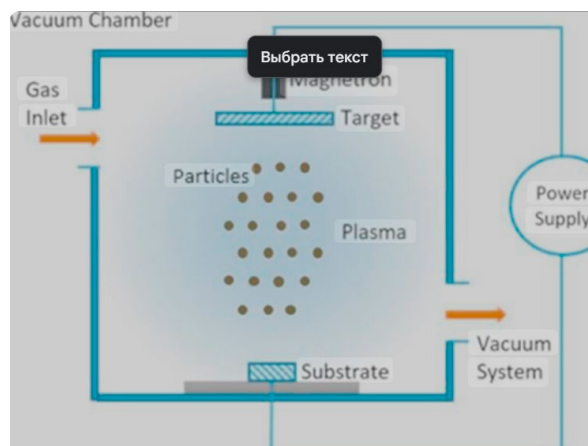
Назва	Принцип	Плюси	Мінуси
Cathodic Arc Evaporation (CAE) (рисунок 2.26a) [51]	Електрична дуга випаровує Ti-Al сплавний катод Іони металу летять до деталі (анод) у середовищі азоту N ₂	Висока швидкість осадження (1-5 мкм/год) Чудова адгезія покриття Щільна структура Найдешевший серед PVD Підходить для складної геометрії	Можливість появи мікрокрапель на поверхні, що прибирається шліфуванням
Magnetron Sputtering (рисунок 2.26б) [52]	Магнетронне розпилення Ti-Al мішені Плазма в магнітному полі Осадження в азотній атмосфері	Дуже гладке покриття (без крапель!) Точний контроль складу Al/Ti Однорідність товщини $\pm 5\%$ Найкраща для CBN-шліфованої поверхні	Повільніше (0.5-2 мкм/год)

Продовження таблиці 2.15

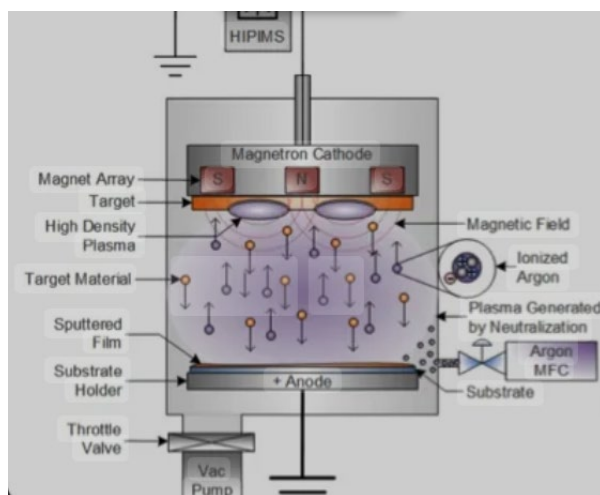
Назва	Принцип	Плюси	Мінуси
High Power Impulse Magnetron Sputtering (HiPIMS) (рисунок 2.26в) [53]	Магнетронне розпилення потужними імпульсами Ультращільне покриття	Найвища щільність покриття Найкраща адгезія Мінімальна пористість	Складне обладнання Повільне осадження



а)



б)



в)

Рисунок 2.26 – Методи отримання PVD покриття: Катодне дугове випаровування (а), магнетронне розпилення (б), магнетронне розпилювання імпульсами високої потужності (в)

Отже, фінішна обробка силового гвинта є не лише операцією підвищення точності, а й технологічним заходом, який безпосередньо впливає на точність верстатних робіт та якість оброблених поверхонь деталей. Поєднання високоточного шліфування з нанесенням покриття забезпечує комплексне зміцнення різьбової поверхні — як геометричне (через точність профілю), так і фізико-механічне (через тверде покриття з низьким тертям). Саме тому в сучасному машинобудуванні така технологічна комбінація вважається однією з найефективніших для деталей, що працюють у вузлах зворотно-поступального тертя, зокрема для гвинтів верстатних лещат.

					7.131.242545.ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Характеристика об'єкта дослідження, ціль економічної частини

Темою випускної роботи магістра є технологічне забезпечення параметрів якості шліцьового валу в умовах сталого виробництва.

Метою кваліфікаційної роботи є дослідження питання забезпечення якості шліцьового валу в рамках технологічного процесу виробництва за рахунок фінішної обробки шліцьової частини валу.

З метою досягнення поставленої мети в ході виконання випускної роботи магістра виконано наступні роботи:

1. Проведено аналіз літературних джерел та встановлення основних видів зносу та руйнування шліцьових валів понижуючого тракторного редуктора з боку шліцьової поверхні, а також природи та особливостей появи цього зносу;

2. Проведено аналіз затребуваності даної деталі як на внутрішньому ринку так і на зовнішньому.

3. Виконано порівняння існуючих методів формування шліцьової поверхні шліцьових валів з точки зору можливості забезпечення високої якості останніх.

4. Розроблено технологічний процес, що передбачає використання сучасного обладнання та нових підходів вирішення технологічних завдань в рамках техпроцесу виготовлення шліцьового валу.

Через обмеження, що викликані діючим військовим станом на території України та регулярними вимкнення світла та повітряними тривогами, дана робота є теоретично-дослідною. Цей розділ присвячено визначенню кошторису на виконання та оформлення даної кваліфікаційної роботи.

					7.131.242545.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА			
Розроб.		Чурилов К.А.						
Перев.		Найдацька А.О.						
Реценз.								
Н. контр.		Анісімов В.М.						
Затв.		Негруд С.Л.						
					Лит.	Арк.	Аркуші	
					М	Т	1	9
					МОНУ УДУНТ Кафедра ТМ гр. ІМ 01-24-М			

3.2 Розрахунок кошторисних витрат

В загальному розумінні кошторис це документ що містить дані стосовно підрахованих витрат, які понесені в ході виконання роботи, або, у випадку планування роботи, що заплановано понести. При цьому усі витрати згруповані за певними ознаками, такими як: витрати на основні та допоміжні матеріали, витрати на електроенергію, амортизація необоротних активів, витрати на оплату праці, нарахування на неї та інші накладні витрати

3.2.1 Витрати на електроенергію

Витрати на електроенергію розраховано виходячи з потужності кожної одиниці техніки, що використана у ході виконання роботи, час її роботи, а також обсяг спожитої електроенергії за час використання.

Витрати на електроенергію для кожної одиниці техніки визначаються як добуток потужності устаткування, вартості електроенергії, час використання:

$$V_e = N * C * t \quad (3.1)$$

де N – потужність устаткування, кВт;

C – вартість 1 кВт·год електроенергії.;

t – час роботи, год.;

V_e – витрати на електроенергію, грн.

Споживачами електроенергії в ході виконання роботи є персональний комп'ютер: системний блок з клавіатурою та мишкою, а також монітор. Потужність комп'ютера визначається потужністю блоку живлення, яка, в моєму випадку, становить 700Вт, а потужність монітору вказана в технічних характеристиках і становить 40 Вт. Для друку роботи та графічних матеріалів

					7.131.242545.ПЗ	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

використовувався струменевий принтер на базі багатофункціонального пристрою Epson Home XP-342.

Для більш зручної роботи з даними, зведемо усі необхідні дані для розрахунків у таблицю (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1 -Тривалість використання техніки та її потужність

Назва пристрою	Системний блок	Монітор	Epson Home XP-342.	2
Потужність за технічним паспортом, Вт	700	50	13 (робочий стан) / 1.6 (режим очікування)	
Час використання, год	210		0,25 (друк) 0,5 (режим очікування)	

Вартість електроенергії приймаємо рівну 8,54 грн/кВт з ПДВ, що відповідає даним офіційного сайту YASNO (з врахуванням вартості послуги з передачі електричної енергії) для побутових споживачів. Результати виконаних розрахунків за формулою (3.1) наведені у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 -Витрати електроенергії та її вартість

Назва пристрою	Системний блок	Монітор	Epson Home XP-342.
Спожита електроенергія, кВт	147,0	10,5	0,00325 (друк) 0,0008 (режим очікування)
Вартість електроенергії, грн/кВт*год	8,54		
Понесені витрати, грн	1255,38	19,04	0,04

Таким чином вартість витраченої електроенергії при написанні та оформленні кваліфікаційної роботи становить $1255,38 + 19,04 + 0,04 = 1274$ грн. 46 коп.

3.2.2 Амортизація необоротних активів

Амортизація — систематичний розподіл вартості основних засобів, інших необоротних та нематеріальних активів, що амортизується, протягом строку їх корисного використання (експлуатації).

Самі необоротні активи — це сукупність майнових цінностей, які багаторазово беруть участь у процесі діяльності підприємства. Як правило, до них належать засоби тривалістю використання більше одного року. До необоротних господарських засобів підприємства належать: основні засоби, капітальні інвестиції, інші необоротні матеріальні активи, нематеріальні активи, довгострокові фінансові інвестиції, довгострокова дебіторська заборгованість, інші необоротні активи.

Використане обладнання відноситься до четвертої групи основних засобів з мінімальним терміном використання рівним двом рокам. В рамках роботи приймаємо строк використання 5 років, що не суперечить існуючим вказівкам до мінімального строку використання.

Формула для розрахунку амортизації з рівномірним поділом суми за роками корисного використання:

$$A = \frac{(ПВ - ЛВ) * T_{роб}}{T_{екс} * 12} \quad (3.2)$$

де ПВ — первісна вартість основних засобів, грн;

ЛВ — ліквідаційна вартість основних засобів, грн;

$T_{екс}$ — тривалість корисної експлуатації основних засобів, років.

$T_{роб}$ — тривалість експлуатації основних засобів під час виконання дослідження, місяців

					7.131.242545.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

Для розрахунків приймаємо ліквідаційну вартість використаної техніки на рівні 0. В таблиці 3.3 наведена первісна вартість обладнання та визначена амортизація.

Таблиця 3.3 – Розрахунок амортизації обладнання

Назва пристрою	Системний блок	Монітор	Epson Home XP-342
Первісна вартість, грн	18000.00	2899,00	6550,00
Термін експлуатації, років	5		
Річна амортизація, грн	3600	579,8	1310,0
Амортизація за період виконання дослідження, грн	1200	193,27	436,67

Тривалість виконання кваліфікаційної роботи за графіком навчального процесу складає 4 місяці. Таким чином сумарні амортизаційні витрати становлять $1200 + 193,27 + 436,67 = 1829$ грн. 94 коп.

3.2.3. Розрахунок витрат на оплату праці та нарахувань на заробітну плату

При виконанні кваліфікаційної роботи були задіяні: науковий керівник, консультанти по розділах, студент-магістр.

Подальші розрахунки виконані виходячи з доступних даних по навантаженню та величині заробітної платні науково-педагогічних працівників в Україні.

Студент-магістр виконує кваліфікаційну роботу без оплати праці. Однак для розрахунків приймемо, що його винагорода за виконання науково-дослідної роботи становить суму рівну мінімальній зарплатні в Україні, а саме 8000 грн.

Визначимо витрати на оплату праці наукового керівника за формулою:

					7.131.242545.ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$З_{\text{кер}} = ЗП_{\text{м}} T k, \quad (3.4)$$

де $ЗП_{\text{м}}$ – заробітна плата за місяць;

T – кількість місяців роботи;

k – величина ставки, що відводиться навантаженням на керівництво дипломуванням (0,014)

При розрахунках необхідно прийняти до уваги, що:

- посадовий оклад доцента кафедри, згідно діючого законодавства, складає 12128 грн 97 коп. Даний параметр є однаковим для всіх вищих навчальних закладів України, так як вони є державними установами і рівні заробітних плат їх співробітників нормуються відповідними наказами та розпорядженнями;

- відповідно до наказу № 557 від 26.09.2005 року Міністерства освіти і науки України за науковий ступінь кандидата наук передбачена доплата в розмірі 15% від посадового окладу, що становить для доцента : $12128,97 * 0,15 = 1819$ грн. 35 коп.

- керівник роботи є доцентом кафедри, однак це його посада, а не наукове звання, тому передбачені за наукові звання доплати в розрахунках не застосовуються.

Тоді, зарплатня керівника:

$$З_{\text{кер}} = (12128,97 + 1819,35) * 4 * 0,018 = 1004 \text{ грн. } 28 \text{ коп.}$$

Зарплатня консультанта розраховується з відведеної кількості годин на одного студента-дипломника, а це приблизно 0,004 ставки. Виходячи з цього:

- зарплатня консультанта економічної частини диплому (оклад старшого викладача за законодавством становить 11384,16 грн.):

$$З_{\text{ек}} = 11384,16 * 4 * 0,004 = 182 \text{ грн. } 15 \text{ коп.}$$

- зарплатня консультанта розділу охорони праці (доцент кафедри, к.т.н.):

					7.131.242545.ПЗ	Арх
						6
Змн.	Арх.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$З_{оп} = (12128,97 + 1819,35) * 4 * 0,004 = 223 \text{ грн } 18 \text{ коп.}$$

Студент працює над дослідженням 4 місяці, зробимо припущення, що його зайнятість становить 0,5 ставки. Тоді загальна сума витрат на винагороду студента, заробітну платню керівника та консультантів становить:

$$\sum ЗП = 8000,00 \times 0,5 \times 4 + 1004,28 + 182,15 + 223,18 = 17409 \text{ грн. } 61 \text{ коп.}$$

Сума єдиного соціального внеску на цю суму складає:

$$ЄСВ = 17409,61 * 0,22 = 3830 \text{ грн. } 12 \text{ коп.}$$

Таким чином загальні витрати на оплату праці з нарахуваннями становить $17409,61 + 3830,12 = 21239 \text{ грн. } 73 \text{ коп.}$

3.2.4 Витрати на основні та допоміжні матеріали

Групу допоміжних матеріалів при виконанні даної кваліфікаційної роботи представляє білий папір формату А4, що використовувався при оформленні пояснювальної записки, ручки, олівці, файли, папка.

Інформація щодо кількості і вартості використаних матеріалів наведена у таблиці 3.4

Таблиця 3.4 – Витрати на матеріали

Назва матеріалу	Од. вим.	Кіл-ть	Ціна, грн. за од. вим.	Витрати, грн
Папір А4	аркуш	100	0,64	64,00
Ручка	Од.	1	6,50	6,50
Олівець	Од.	1	10,00	10,00

					7.131.242545.ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.4

Назва матеріалу	Од. вим.	Кіл-ть	Ціна, грн. за од. вим.	Витрати, грн
Файли	Од.	5	0,80	4,00
Папка	Од.	1	18,00	18,00
Разом				102,50

Таким чином загальні витрати на допоміжні матеріали склали 102 грн. 50 коп.

3.2.5 Розрахунок накладних витрат

Для врахування інших витрат, які неможливо віднести до жодної з груп наведених раніше, розрахуємо накладні витрати в розмірі 20% від усіх інших витрат.

$$B_n = \sum B * c \quad (3.5)$$

де c – ставка відрахувань;

$\sum B$ – сумарні витрати.

В той час сумарні витрати визначаються наступним чином:

$$\sum B = \sum B_{\text{ел.}} + \sum A + \sum B_{\text{зп.}} + \sum B_{\text{мат.}} \quad (3.6)$$

де $\sum B_{\text{ел.}}$ – витрати на електроенергію, грн.;

$\sum A$ – витрати на амортизацію, грн.

$\sum B_{\text{зп.}}$ – витрати на заробітну платню з врахування ЄСВ, грн.

$\sum B_{\text{мат.}}$ – витрати на основні і допоміжні матеріали, грн.;

Таким чином, загальні накладні витрати на виконання даної дипломної роботи складають:.

$$B_n = (1274,46 + 1829,94 + 21239,73 + 102,50) * 0,20 = 4889 \text{ грн. 33 коп.}$$

					7.131.242545.ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.3 Кошторис витрат

Загальний кошторис витрат сформований за виконаними розрахунками основних витрат, що понесені в ході виконання даної кваліфікаційної роботи наведено у таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Кошторис витрат

Група витрат	Сума витрат, грн	Структурна частка, %
Електроенергія	1274,46	4,34
Амортизація устаткування	1829,94	6,27
Заробітна плата	17409,61	59,35
Нарахування на заробітну плату	3830,12	13,06
Матеріали	102,50	0,35
Накладні витрати	4889,33	16,67
Разом	29335,96	100,00

Таким чином загальна вартість виконаної роботи становить 29335 грн. 96 коп.

Згідно з розрахунками кошторису даної кваліфікаційної роботи, основну, тобто найбільшу частину витрат складають витрати на заробітну плату. А найменшу частину – витрати на основні матеріали, що і є характеристикою дослідної роботи.

					7.131.242545.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Дана випускна кваліфікаційна робота магістра присвячена технологічному забезпеченню експлуатаційних властивостей силового гвинта лещат в умовах сталого виробництва.

У даній роботі виконано ряд завдань, одне з яких це дослідження впливу різних методів отримання та обробки гвинтової поверхні силового гвинта лещат з метою приведення технологічного процесу виробництва у відповідність до вимог, що висуваються до сталого виробництва. В даному розділі розглянуті основні шкідливі та небезпечні виробничі фактори, що діють у лабораторії та приміщеннях кафедри технології машинобудування, узагальнені питання пожежної профілактики, розроблені заходи щодо забезпечення сприятливих умов праці та виконані розрахунки вентиляції, проаналізовано вплив прийнятих у роботі рішень на навколишнє середовище та методи його захисту.

4.1 Аналіз умов праці та пожежної безпеки

Приміщення де проводились експериментальні дослідження, відповідно до діючого ДСП 173 – 96 [54], відноситься до науково-дослідних лабораторій які дозволяється розміщувати у санітарно-гігієнічній зоні. Аудиторія знаходиться на другому поверсі будівлі та має наступні розміри: ширина - 6 м, довжина - 8 м, висота приміщення - 3,2 м. Приміщення лаудиторії та будівля, в якій вона розташована, виконані з негорючих будівельних матеріалів (цегла, залізобетонні елементи). Відповідно до вимог ДБН В.1.1-7-2016 [55], негорючі будівельні матеріали не підлягають класифікації за показниками пожежної небезпеки. Службові та побутові приміщення спроектовані безпосередньо в будинку університету.

					7.131.242545.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Чурилов К.А.			ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА		
Перев.		Романько Я.В.					
Реценз.		Бондаренко С.В.					
Н. контр.		Анісімов В.М.					
Затв.		Незруй С.Л.					
					/Іт.	Арк.	Архів
						11	10
					МОНУ УДУНТ		
					Каф. ТМ зр. ІМ01-24-М		

Площа приміщень, де проводились дослідження відповідає вимогам діючого ДБН В.2.2-28:2010 [56]. Площа приміщення з комп'ютерною технікою, яка використовувалась для обробки експериментальних даних, відповідає ДСанПіН 3.3.2.007-98 [57]. Освітлення приміщення відбувається через вікна, які розташовані на одній стіні (зліва відносно передбачених робочих місць). Усі робочі місця обладнанні меблями (стілець та комп'ютерний стіл) розміри та конструкція яких відповідає діючим ДСТУ 16371:2016 [58].

Роботи, що виконувались в ході досліджень відповідають роботам категорії II-б. Згідно діючого ДСН 3.3.6.042-99 [59], роботи цієї категорії це роботи пов'язані з ходьбою, переміщенням і перенесенням речей вагою до 10 кг, які супроводжуються помірним фізичним напруженням. Енерговитрати для цього виду робіт становлять від 200 до 250 ккал/год, що відповідає 232-293 Вт.

Для забезпечення комфортних умов роботи в приміщенні необхідне забезпечення оптимальних параметрів мікроклімату. Для робіт середньої важкості категорії II-б показники, що регламентуються діючим ДСН 3.3.6.042-99 [59]. Відповідні значення для категорії робіт середньої ваги II-б наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Нормативні значення мікроклімату механічного цеху для категорії робіт середньої важкості.

Період року	Категорія робіт	Температура, °С				Відносна вологість, %	Швидкість руху, м/сек.
		Верхня межа		Нижня межа			
		На постійних робочих місцях	На непостійних робочих місцях	На постійних робочих місцях	На непостійних робочих місцях	На робочих місцях постійних і непостійних	На робочих місцях постійних і непостійних
Холодний Період року	Середньої важкості ІІб	21	23	15	13	75	<0.3
Теплий період року		27	29	15	15	70 при 25°С	0,5-0,2

					7.131.242545.ПЗ	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В приміщеннях передбачені системи опалювання, що виконані у вигляді батарей централізованого опалення. та природного провітрювання відповідно до ДБН В.2.5-67.2013[60]. Фарбування стін - світло-жовтий, стелі - білий, підлоги - натуральні тони дерева. Корпуси обладнання (проектор та комп'ютери) пофарбовані у чорний або світло-сірий колір. Загалом такі кольори відповідають вимогам СН 181-70[61].

В приміщеннях мають місце шкідливі фізичні і психофізіологічні небезпечні фактори.

- підвищений рівень вібрації біля працюючого обладнання. Вібрація передається до працівника при доторканні до обладнання, а також до усього тіла через підлогу. Вібрація має негативний вплив на вестибулярний апарат людини і може викликати болі в суглобах, порушення системи кровообігу:

- підвищений рівень шуму, який виникає при роботі обладнання. Шум має негативний вплив на слух людини, роботу серцево-судинної та нервової систем;

- електричний струм (220-380V). Ураження електричним струмом має як місцеву так і загальну дію на організм, насамперед на внутрішні органи;

- освітленість. Недостатній рівень якої призводить до погіршення зору людини і, як наслідок, можливості травмування;

- підвищений рівень запиленості повітря внаслідок роботи обладнання. Поява пилу в приміщенні пов'язана з: потраплянням її з вулиці при провітрюванні та на верхньому одязі працівників і студентів; виділення з покриттів підлоги, стелі та меблів. До того ж системи охолодження комп'ютерної техніки поглинають пил, що містяться в повітрі та на підлозі, і розподіляють його по приміщенню. Додатково ці системи охолодження накопичують пил в собі. Пил, що може знаходитись в приміщенні не отруйний з показником ГДК=10 мг/м³. По ступеню впливу на організм людини даний пил відноситься до 4-го класу небезпеки – мало небезпечні речовини. При перевищенні ГДК пил впливає на слизові оболонки, дихальні шляхи, очі, шкіру, а також може викликати легеневі захворювання.

					7.131.242545.ПЗ	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З метою запобігання пожежі та оповіщення у разі її виникнення передбачена система оповіщення шляхом подачі звукового і світлового сигналів для всіх одночасно. У випадку виникнення пожежі в академії передбачені заходи для первинного гасіння пожежі, а саме пожежні крани, що розміщені у коридорах на кожному поверсі та є частиною пожежного водопроводу, а також в приміщеннях знаходяться вогнегасники у кількості передбаченій внутрішніми документами університету.

4.2 Заходи покращення умов праці

На підставі аналізу шкідливих і небезпечних чинників, що діють на працівників у приміщенні розроблено та запропоновано ряд конкретних інженерно-технічних заходів спрямованих на зниження або усунення впливу дії шкідливих та небезпечних чинників.

Для забезпечення електробезпеки все технологічне обладнання необхідно забезпечити заземленням.

В електричних щитках замінити застарілі вимикачі на сучасні автоматичні вимикачі, що будуть автоматично відключати електроенергію у разі короткого замикання. Регулярно, один раз у квартал, проводити огляд ізоляції та цілісності струмопровідних частин.

Для захисту персоналу від частин обладнання що рухаються (вентилятори охолодження) та знаходяться під напругою встановити захисні кожухи та регулярно, раз на пів року, перевіряти їх цілісність та відсутність пилу.

Для зменшення рівня шуму та вібрацій необхідно:

1. Хоча б один раз на 6 місяців проводити чистку обладнання від пилу та бруду.

2. Проводити змащення систем охолодження одночасно з їх чисткою або виконувати їх заміну у випадку необхідності.

					7.131.242545.ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Використовувати вібро- та шумопоглинаючі підкладки при встановленні обладнання.

Для покращення умов роботи також передбачено:

1. Встановлення примусової приточно-витяжної вентиляційної системи з можливістю підігріву та осушування в холодний період року

2. Встановлення систем кондиціонування для зменшення температури повітря в теплий період року.

3. Забезпечення захисного відключення електрообладнання, яке здійснюється автоматичними вимикачами, які забезпечують швидке (не більше 0,2с) автоматичне відключення устаткування від напруги.

4. На вікнах, які використовуються для провітрювання розмістити сітки для недопущення потрапляння великого бруду (листя з дерев тощо).

В приміщенні, як вказувалось раніше, немає легкозаймистих речовин. Пожежі, що можуть виникнути, мають клас Е згідно НАПБ Б.01.008-2018 [63]. Для зменшення ризику виникнення пожеж та їх розвитку пропонується:

1. Перед ввімкненням комп'ютерів перевіряти цілісність їх електропроводки.

2. Біля входу в приміщення розмістити вимикач для повного знеструмлення аудиторії та розмістити додатковий пінний вогнегасник масою 6 кг.

3. Перед початком роботи зі студентами проводити інструктаж з техніки безпеки з наведенням порядку дій при виникненні пожежі.

Для забезпечення необхідної чистоти повітря необхідно розрахувати потужність штучної системи вентиляції. Приймаємо показник кількості пилу, що утворюється в лабораторії у випадку одночасної роботи усього обладнання, рівним 0,003 кг/год. Кількість повітря, яке необхідне подати у приміщення для забезпечення концентрації шкідливих речовин, а саме пилу, не більше допустимої, знаходимо за формулою:

$$L_1 = \frac{10^3 \cdot q}{C_q - C_0}; \quad (4.1)$$

де L_1 - обсяг повітря, м³/год,

					7.131.242545.ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

q - кількість шкідливих речовин в повітрі;

C_q - гранично допустима концентрація шкідливих речовин в приміщенні по санітарним нормам

C_o - наявність шкідливих речовин в повітрі, що подається.

$$L_1 = \frac{10^6 * 0.003}{10 - 0.2} = 306.12 \frac{\text{м}^3}{\text{год.}};$$

Так як дане приміщення є учбовим і є велика вірогідність присутності великої кількості людей в приміщенні, важливим показником є розрахунок повітрообміну за кількістю людей. Кількість необхідного повітря визначається за формулою:

$$L_2 = l * n_{\text{л}} \quad (4.2)$$

де l - мінімальна кількість повітря, яка повинна подаватися на одну людину відповідно до санітарних норм;

$n_{\text{л}}$ - кількість людей, що одночасно знаходиться в приміщенні.

Приймаємо кількість людей рівну 12, так як при виконанні практичних робіт максимальна кількість студентів у підгрупі 10. Разом з ними присутні викладач та майстер. Мінімальна кількість повітря, що повинна подаватись на одну людину рівна 30 м³/год. Тоді:

$$L_2 = 30 * 12 = 360 \text{ м}^3/\text{год}$$

Так як $L_2 > L_1$, приймаємо максимальне значення кількості повітря, що повинно подаватись в приміщення рівне 360 м³/год.

Наступним кроком розрахуємо кратність повітрообміну за формулою:

$$K = \frac{L}{V_{\text{п}}} \quad (4.2)$$

					7.131.242545.ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де V_{Π} – об'єм приміщення, м^3

$$K = \frac{360}{160} = 2,25 \frac{1}{\text{год}}$$

Визначимо поперечний переріз вентиляційних трубопроводів:

$$f_p = \frac{L}{3600 \cdot v_p}; \quad (4.3)$$

де v_p – швидкість руху повітря в повітропроводі (6 м/с)

$$f_p = \frac{360}{3600 \cdot 6} = 0,0167;$$

Даному поперечному перерізу відповідає стандартний повітропровід діаметром 160 мм.

Фактична швидкість повітря в перерізі трубопроводу прийнята рівна:

$$v_{\phi} = \frac{L}{3600 \cdot f_p}; \quad (4.4)$$

$$v_{\phi} = \frac{360}{3600 \cdot 0,0167} = 5,988 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Питомі втрати тиску визначаємо за формулою:

$$R = \frac{\lambda}{d} \cdot \frac{v_{\phi}^2 \cdot \gamma}{2g} \quad (4.5)$$

Де λ – коефіцієнт опору тертя, який залежить від шершавості стінок повітропроводу (для сталевих повітропроводів приймається $\lambda = 0,02$);

v_{ϕ} – фактична швидкість повітря, м/с;

d – діаметр повітропроводу, м;

γ – густина повітря, $\text{кг}/\text{м}^3$;

					7.131.242545.ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

g – прискорення вільного падіння, м/с²;

$$R = 0.142 * \frac{5.988^2 * 1.248}{2 * 9.8} = 0,32$$

Приймаючи до уваги довжину повітропроводу, та витрати на тертя приймаємо тиск, що утворюється вентилятором на рівні 130 Па.

Знаючи необхідні дані, можна визначити потужність електродвигуна вентилятора за формулою:

$$N_{\text{вент}} = \frac{L * H * K}{3600 * 102 \eta}; \quad (4.6)$$

Де L – продуктивність вентилятора, м³/год.;

H – тиск, створюваний вентилятором, Па;

K – коефіцієнт запасу ($K=1,1-1,5$);

η – коефіцієнт корисної дії вентилятора ($0,5-0,8$).

$$N_{\text{вент}} = \frac{360 * 130 * 1,1}{3600 * 102 * 0,8} = \frac{51480}{293760} = 0,175$$

Вибираємо вентилятор в залежності від необхідної продуктивності технічних вимог та умов роботи, які запропоновані до вентиляції приймаємо відцентровий вентилятор типу ВЦ 4-75-2,5.

Його технічні характеристики:

- потужність 0,18 кВт;
- повний тиск 130 Па;
- конструктивне виконання 1;
- частота обертання 1500;

4.3 Захист навколишнього середовища

					7.131.242545.ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основними джерелами забруднення машинобудівних підприємств, незважаючи на те до якої галузі вони відносяться, є: процеси спалювання палива для виробничих потреб, різні елементи технологічних процесів виробництва елементів конструкцій та конструкцій в цілому.

Не зважаючи на високий розвиток науки та техніки на машинобудівну галузь припадає більше 30% шкідливих викидів в біосферу землі.

В загальному вигляді можна виділити три напрями забруднення навколишнього середовища машинобудівними підприємствами, а саме:

- Атмосфера. Машинобудівні підприємства викидають в атмосферу ряд шкідливих речовини, серед яких діоксид сірки, оксиди вуглецю та інші. Однак найбільш шкідливою речовиною, що викидається в атмосферу машинобудівними підприємствами, є шестивалентний хром.

- Вода. Машинобудівні підприємства разом зі стічними водами викидають такі шкідливі речовини, як сульфати, хлориди, нафтопродукти, ціаніди, солі, фосфор. Насамперед, це пов'язано з тим, що більшість машинобудівних підприємств розташовано на берегах водойм.

- Ґрунт. Забруднення ґрунту машинобудівними підприємствами відбувається шляхом викиду такого виду відходів, як: стружка, зола, шлаки і. До того ж під час модернізації самих підприємств залишається велика кількість металобрухту.

Наприклад, для забезпечення очистки повітря та зменшення кількості шкідливих викидів в атмосферу можна використовувати різноманітні фільтри та пиловловлювачі. Наприклад, сухі пиловловлювачі типу циклон забезпечують грубе механічне очищення повітря від пилу. З метою подальшого, більш якісного очищення, системи повітрообміну мають також оснащуватися мокрими фільтрами, які використовують для очищення повітря від дрібнодисперсного пилу розміром до 2 мкм. Крім цього існують також інші фільтри, які дозволяють очищувати повітря від часток пилу розміром до 0,05 мкм. Як висновок, можна сказати, що машинобудівні підприємства повинні оснащуватись новітніми

					7.131.242545.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

системами очищення повітря, які складаються з кількох типів пиловловлювачів та фільтрів. Одночасно з цим, дані системи повинні регулярно доглядатись, очищатись та ремонтуватись у випадку необхідності.

Крім цього для зменшення кількості шкідливих викидів в навколишнє середовище актуальним є:

- забезпечення оптимального використання енергії і палива;
- використання екологічно чистих видів палива;
- зниження токсичності відпрацьованих газів;
- створення нових та вдосконалення вже існуючих технологічних процесів виробництва з метою зменшення кількості відходів виробництва;
- створення замкнутих циклів виробництва з повторним використанням повітря, води та інших елементів.

					7.131.242545.ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

В рамках виконання даної кваліфікаційної роботи магістра проаналізовано існуючий технологічний процес виготовлення силового гвинта лещат, технологічність конструкції самого гвинта та розглянуто основні дефекти, що виникають при їх роботі.. На основі всієї цієї інформації зроблено ряд припущень та пропозицій щодо вдосконалення технологічного процесу для технологічного забезпечення експлуатаційних властивостей готових виробів в умовах сталого виробництва та доведена актуальність даної роботи.

В основній частині роботи розглянуто поняття експлуатаційних властивостей в машинобудівній галузі в рамках якої показані шляхи забезпечення та підвищення основних їх показників. Спроековано новий технологічний процес виготовлення силового гвинта лещат на основі отриманої в ході досліджень інформації та запропоновано введення в технологічний процес операцій профільного шліфування CBN колами з послідовним нанесенням додаткового покриття.

Дане AlTiN покриття має найменші витрати часу на операцію та меншу вартість. Поєднання високоточного шліфування з нанесенням покриття забезпечує комплексне зміцнення різьбової поверхні — як геометричне (через точність профілю), так і фізико-механічне (через тверде покриття з низьким тертям). Саме тому в сучасному машинобудуванні така технологічна комбінація вважається однією з найефективніших для деталей, що працюють у вузлах зворотно-поступального тертя, зокрема для гвинтів верстатних лещат. Додатково розроблено керуючі програми для обробки силового гвинта на верстатах з ЧПК з урахуванням геометричних параметрів, необхідних для забезпечення надійної роботи лещат.

					7.131.242545.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Чурилов К.А.			ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ		
Перев.		Бондаренко С.В.					
Реценз.							
Н. контр.		Анісімов В.М.					
Затв.		Негруд С.Л.					
						Літ.	Арк.
						М	Т
						1	2
						МОНУ УДУНТ Кафедра ТМ гр. ІМ 01-24-М	

В розділі «Економічна частина» розраховано кошторис витрат на виконану роботу, що дозволяє, при реалізації отриманих результатів досліджень, визначити її вартість. Загальні витрати понесені при виконанні роботи становлять 29335 грн 96 коп.

В розділі «Охорона праці та захист навколишнього середовища» проведено аналіз умов праці, розглянуто шкідливі та небезпечні чинники, що діють на робочому місці. Наведено заходи для їх усунення або зменшенню їх шкідливої дії, а також виконано розрахунок штучного освітлення для найбільш несприятливих умов освітлення - в темний період часу.

					7.131.24.2545.ПЗ	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Програма ООН з навколишнього середовища (UNEP). Цілі сталого розвитку до 2030 року.. United Nations. URL: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/uk/> (дата звернення: 03.11.2025).

2. Жук Г. М., Криворучко В. І. Пристрої для верстатів з ЧПК: навчальний посібник. Харків: НТУ «ХПІ», 2018.

3. Failure analysis and maintenance of ball screw in CNC machine tools. / Zhang P. та ін. Journal of Failure Analysis and Prevention. 2020. Vol. 20. С. 1152–1162. URL: <https://doi.org/10.1007/s11668-020-00932-9>.

4. Головач О.А. Формування стратегії розвитку машинобудівних підприємств в умовах євроінтеграції. Економічний вісник Донбасу. 2016. № 2(44), С. 149-152

5. Дикань О.В.. Забезпечення конкурентоспроможності проми слових підприємств в умовах євроінтеграції. Вісник економіки транспорту і про мисловості. 2014. № 47. С. 77-82.

6. ГОСТ 16518-96. Лещата верстатні з ручним і механізованим приводами. Загальні технічні умови. З поправкою. Чинний від 27.03.1998. Москва: Стандартинформ, 2009. 14 с.

7. A review on sustainable machining: Current trends and future perspectives / Elsheikh A. H та ін. Journal of Cleaner Production. 2024. Vol. 420. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.138702>.

8. Salihoglu K., Amin Z., Çagla C. Metal Swarf and Cutting Fluid Waste Management in Metal Processing Industry. Journal of Metallic Material Research. 2018. вип. 1. С. 16–20. URL: <https://doi.org/10.30564/jmmr.v1i1.431>.

					7.131.24.2545.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ		
Розроб.		Чурилов К.А.					
Перев.		Бондаренко С.В.					
Реценз.							
Н. контр.		Анісімов В.М.					
Затв.		Незгруд С.Л.					
					Літ.	Арк.	Архів
						1	8
					МОНУ УДУНТ Кафедра ТМ зр. ІМ 01-24-М		

9. Ioannis, A. Best Environmental Management Practice in the Fabricated Metal Product Manufacturing Sector. *Journal of Financial Econometrics*. 2023. вип. 21(2). С. 569–596. URL: <https://doi.org/10.1093/jjfinec/nbab010>.
10. Trent E., Wright P. *Metal Cutting*. 4th ed.. Woburn, MA : Butterworth–Heinemann, 2000. 446 с. ISBN 0-7506-7069-X
11. Research Progress on the Manufacturing of Screw-Shaped Parts in Screw Compressors / Wang, Y. та ін. *Applied Sciences*. 2024. Vol. 14(5). 18с. URL: <https://doi.org/10.3390/app14051945>.
12. Allwood J.M. Material efficiency: providing material services with less. — *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 2013. Vol. 371(1986). 15 с. URL: <https://doi.org/10.1098/rsta.2012.0496>.
13. Гоменюк Д. В., Романов Л. А., Шимановський М. М. Технології верстатних робіт. Житомир: Полісся, 2021. 248 с. ISBN 978-966-655-999-2.
14. Klocke F. *Manufacturing Processes 1: Cutting*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2011. 506 с. ISBN 978-3-642-11979-8.
15. *Cutting Processes for Materials in Manufacturing* / Weng J. та ін.. MDPI Books, 2025. 294 с. ISBN 978-3-7258-4078-6.
16. Zhang G., Wang J. *Material-Oriented Cutting Processes in Precision Machining*. Singapore: Springer Nature, 2025. 234 с. ISBN 978-981-96-2503-1.
17. ДСТУ 7806:2015 Прокат із легованої конструкційної сталі. Технічні умови. Чинний від 01.04.2016. ДП «УкрНДНЦ». 2016. 50 с.
18. Machine Bench Vices Market Size & Share Analysis. Growth Trends & Forecasts (2025 - 2030). Precise market intelligence and advisory. Machine Bench Vices Market Source. 20.01.2025. URL: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/machine-bench-vices-market> (дата звернення: 03.11.2025).
19. Sharma R. Milling Machine Vises Market. DataInTelo. Manufacturing Components & Services. URL: <https://dataintelo.com/report/milling-machine-vises-market> (дата звернення: 16.10.2025).

20. UN Comtrade Database. United Nations. URL: <https://comtrade.un.org/>.
(Дата звернення: 19.10.2025).

21. Hydraulic Vices / CNC vise listings. Alibaba. URL: <https://www.alibaba.com/showroom/hydraulic-vice.html> (дата звернення: 03.11.2025).

22. Методичні вказівки до виконання випускних кваліфікаційних робіт освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр» для студентів спеціальності 131-прикладна механіка, освітньо-професійна програма – технологія машинобудування (магістерський рівень)/ Уклали В.С. Гришин, С.Л. Негруб, В.О. Маруніч Дніпро: НМетАУ, 2019. 62с.

23. Міністерство освіти й науки України. Конспект лекцій з курсу "Деталі машин". Донбаська державна машинобудівна академія. URL: http://www.dgma.donetsk.ua/metod/opm/dm___detali_mashin/Курс%20лекцій%20Деталі%20машин.pdf (дата звернення: 28.10.2025).

24. Що таке зносостійкість. URL: <http://komitet.kiev.ua/shho-take-znosostijkist/> (дата звернення: 28.10.2025).

25. Експлуатаційні властивості матеріалів. URL: <https://thelib.info/mechanika/3179129-ekspluatacijni-vlastivosti/> (дата звернення: 28.10.2025).

26. Основні вимоги до деталей машин [Електронний ресурс]. URL: <https://dev.myreferatik.in.ua/work/8249302/osnovni-vimogi-do-detalej-masin> (дата звернення: 28.10.2025).

27. Розділ 1. Загальні принципи конструювання та розрахунку [Електронний ресурс]. КПІ. URL: http://mmi-dmm.kpi.ua/images/pdf/Detali_Mash/01.PDF (дата звернення: 28.10.2025).

28. Вплив шорсткості та стану поверхневого шару на експлуатаційні властивості деталей машин URL: <https://works.doklad.ru/view/XRWSxHI1O6E/all.html> (дата звернення: 28.10.2025).

					7.131.24.2545.ПЗ	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

29. Тертя, зношування та змащування в машинах. ТНТУ. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/60787657.pdf> (дата звернення: 28.10.2025).
30. Методичні вказівки до проектування пристроїв для студентів спеціальності 7.090202 – технологія машинобудування/ Укл.: О.Г. Ясєв, В.О. Маковцев, Р.В. Пась. Дніпропетровськ: НМетАУ, 2005. 50 с.
31. Стрічкопильний верстат по металу STILER BS-170G. Slavles. Стрічкопильні верстати по металу. URL: <https://slavles.in.ua/strichkopylnyi-verstat-po-metalu-stiler-bs-170g/> (дата звернення: 29.11.2025).
32. VF-2. 40-Taper Mill. Vertical Mills. URL: <https://www.haascnc.com/machines/vertical-mills/vf-series/models/small/vf-2.html#gsc.tab=0> (дата звернення: 29.11.2025).
33. GS: TE-LM 200 Thread Grinder. Cutting tool engineering. URL: https://www.ctemag.com/products/gste-lm-200-thread-grinder?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 29.11.2025).
34. External thread grinding machine GS:TE series. External thread grinding machine. URL: <https://www.directindustry.com/prod/drake-manufacturing-services/product-53255-525801.html>
35. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя в 3 т. Т.3 М.: Машиностроение, 1978. 253 с.
36. Методические указания по размерному анализу технологических процессов обработки деталей при выполнении курсовых и дипломных проектов для студентов специальности 12.01 / Днепропетровск: ДМетИ, 1989. 49с.
37. Lipsett R. The Pressure Velocity (PV) Relationship for Lead Screws. Thomson. URL: https://www.thomsonlinear.com/downloads/articles/The_Pressure_Velocity_Relationship_for_Lead_Screws_taen.pdf?srsId=AfmBOoo4jiTuvuKN4pG5YZBLR8TpRVZlQSGB_jlhtbrZSL6ZiWc0ek7z (дата звернення: 29.11.2025). 2.16 W. Yongkai, X. Zhang, W. Xing, H. Zhao, H. Liang, C. Lu, Thermal stability of cubic boron nitride of various types, Diamond & Abrasives Engineering, 2017, 37(5): 66-68. doi:10.13394/j.cnki.jgszz.2017.5.0013

					7.131.24.254.5.73	Арх
						4
Змн.	Арх.	№ докум.	Підпис	Дата		

38. 3M grinding solutions in a global network 3M. 11 с.
39. A study of temperature effect on properties of nitride layers on X37CrMoV51 tool steel used in the extrusion aluminum industry. Thermal processing. Features. 15.09.2020. URL: https://thermalprocessing.com/a-study-of-temperature-effect-on-properties-of-nitride-layers-on-x37crmov51-tool-steel-used-in-the-extrusion-aluminum-industry/?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 01.12.2025).
40. Lelevi A. Ni-P coatings electroplating. A review Part I: Pure Ni-P alloy. 2018. 33 с. URL: <https://arxiv.org/pdf/1807.04693>
41. Solid Lubrication with MoS₂: A Review / Vazirisereshk M.R. та ін. Lubricants 2019. №7(57). 35 с. URL: <https://doi.org/10.3390/lubricants7070057>
42. Friction and Wear of DLC Coating Deposited on M2 Steel via μ W-PECVD Against 100Cr6 Steel with Different Normal Loads and Sliding Speeds Under Dry and Lubrication Conditions / Khuna N.W. та ін. Tribology in industry. Vol. 46 (4). 2024. С. 570-588. URL: <https://tribology.rs/journals/2024/2024-4/3-1670.pdf> (дата звернення: 01.12.2025).
43. The influence of DLC coating on EHL friction coefficient / Björörling M. та ін. Tribology Letters manuscript. 10 с. URL: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:980332/FULLTEXT01.pdf> (дата звернення: 01.12.2025).
44. @Wayken Rapid Manufacturing. DLC Coatings Decrease the COF of Many Different Materials. Paint and Coating Industry. Industrial Coatings. URL: <https://www.pcimag.com/articles/111423-dlc-coatings-decrease-the-cof-of-many-different-materials#:~:text=DLC%20coatings%20are%20characterized%20by,machining%20tools%20and%20cutting%20tools> (дата звернення: 02.12.2025).
45. Tribological Properties of Diamond/DLC composite coatings Yang C. та ін.. Materials (MDPI). 2025. №18. 20 с. URL: <https://www.mdpi.com/1996-1944/18/16/3879/pdf?version=1722600000>

					7.131.242545.ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

46. Multilayer DLC/MoS₂ coatings / Liu K. та ін. Lubricants (MDPI). 2024. №12. 16 с. URL: <https://www.mdpi.com/2075-4442/12/11/374/pdf>
47. TiN/AlTiN Multilayer PVD on Tool Steel / Bitay E. та ін. Applied Sciences (MDPI). 2021. №11. 16 с. URL: <https://www.mdpi.com/2076-3417/11/19/9309/pdf>
48. Electrodischarge Dressing of Diamond/cBN Wheels / Gołabczak M. та ін. Materials (MDPI). 2021. №14. 16 с. URL: <https://www.mdpi.com/1996-1944/14/22/6773/pdf>
49. Comparative Study of TiN coatings (deposition routes)/ Panjan P. та ін. Coatings (MDPI). 2022. №12. 16 с. URL: <https://www.mdpi.com/2079-6412/12/3/294/pdf>
50. El-Awadi G. A. Review of effective techniques for surface engineering material modification for a variety of applications. AIMS Materials Science. 2023. Т. 10, вип. 4. С. 652–692. URL: <https://doi.org/10.3934/materci.2023037>.
51. Amadi E. V., Venkataraman A., Papadopoulos C. Nanoscale self-assembly: concepts, applications and challenges. Nanotechnology. 2022. Т. 33. URL: <https://doi.org/10.1088/1361-6528/ac3f54>.
52. Sputtering Physical Vapour Deposition (PVD) Coatings: A Critical Review on Process Improvement and Market Trend Demands / Baptista A. та ін. Coatings. Vol. 8. 2018. 22 с.
53. Hughes M. What is HIPIMS? High Power Impulse Magnetron Sputtering. Semicore. 28.10.2016. URL: <https://www.semicore.com/news/93-what-is-hipims> (дата звернення: 03.12.2025).
54. ДСП 173-96 Державні санітарні правила планування і забудови населених пунктів. К.: МОЗ України, 1996, с. 64.
55. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2017, с. 47.
56. ДБН В.2.2-28:2010 Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення. Київ: Мінрегіонбуд України, 2011, с. 28.

					7.131.242545.ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

57. ДСанПіН 3.3.2.007-98. Санітарні норми і правила для підприємств машинобудівної промисловості : нормативний документ. Київ : МОЗ України, 1998. 12 с.

58. ДСТУ 16371:2016 «Мебель. Общие технические требования (ГОСТ 16371-2014, IDT)». К: ДП «УкрНДНЦ». 2016. 10 с.

59. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. К.: Держстандарт, 1999, с. 31.

60. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. К.: Мінрегіон України, 2013, с. 149.

61. СН 181 70. Норми проектування промислових підприємств : нормативний документ. Київ : Будівельник, 1970. 64 с.

62. ДСанПіН 248-2014 Державні санітарні норми та правила. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу. К.: МОЗ України, 2014, URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0472-14#Text> (дата звернення 01.11.2025)

63. Про затвердження Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників НАПБ Б.01.008-2018: наказ від 15.01.2018, №25: станом на 15.07.2022. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0225-18#Text> (дата звернення: 09.12.2025)

64. Природоохоронні технології. Навчальний посібник : у 3 т. / В. Петрук та ін. Вінниця : ВНТУ, 2012. Частина 1: Захист атмосфери, с. 388.

					7.131.24.2545.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

Додаток А

Керуюча програма

N310 G28 W0. (TURN ROUGH ТОЧЕНИЕ2) (T1 = SC_DCLNR 2525M 16_CNMG 16 06 16-PR 4325)	N610 G97 S813 M03 N615 M8 N620 X96.341 Z0.93 N625 G96 S246 N630 G01 X89.4 Z0. F0.152 N635 X-1.6 N640 X3.774 Z2.687 N645 G00 Z20.601 (TURN SEMI-FINISH ТОЧЕНИЕ2) N655 G50 S4000 N660 G96 S246 N665 X141.4 N670 X143.0 Z2.523 N675 X85.299 N680 G01 X95.673 Z-2.664 N685 G03 X96.2 Z-3.3 R0.9 N690 G01 Z-100.89 N695 G02 X96.253 Z-100.954 R0.09 N700 G01 X100.673 Z-103.164 N705 G03 X101.2 Z-103.8 R0.9 N710 G01 Z-192.301 N715 G02 X101.397 Z-192.4 R0.099 N720 G01 X119.4 N725 G03 X121.2 Z-193.3 R0.9 N730 G01 Z-227.059 N735 X130.959 Z-235.51 N740 G03 X131.2 Z-235.96 R0.9 N745 G01 Z-255.8 N750 X136.574 Z-253.113 N755 G00 X143.0 N760 M9 N765 G28 U0. N770 G28 W0. (TURN FINISH ТОЧЕНИЕ2) (T5 = SC_DCLNR 2020K 12_CNMG 12 04 04-PM 4325)
N325 T101 N330 G50 S4000 N335 G97 S411 M03 N340 M8 N345 X131.6 Z-218.43 N350 G96 S170 N355 G01 Z-255.078 F0.381 N360 X135.66 Z-253.048 N365 X137.0 Z-250.548 N370 X137.707 Z-250.194 N375 G00 Z-188.214 N380 G01 X126.6 N385 Z-231.912 N390 X131.094 Z-235.804 N395 G03 X131.6 Z-236.748 R1.887 N400 G01 X132.307 Z-236.394 N405 G00 Z-184.577 N410 G01 X121.6 N415 Z-227.582 N420 X126.6 Z-231.912 N425 X127.307 Z-231.558 N430 G00 Z-183.684 N435 G01 X114.933 N440 Z-192.2 N445 X117.825 N450 G03 X121.6 Z-194.087 R1.887 N455 G01 X122.307 Z-193.734 N460 G00 Z-181.324 N465 G01 X108.267 N470 Z-192.2 N475 X114.933 N480 X115.64 Z-191.846 N485 G00 Z4.335 N490 G01 X101.6 N495 Z-192.2 N500 X108.267 N505 X108.974 Z-191.846 N510 G00 Z4.335 N515 G01 X96.6 N520 Z-101.306 N525 X100.494 Z-103.253 N530 G03 X101.6 Z-104.587 R1.887 N535 G01 X102.307 Z-104.234 N540 G00 Z4.335 N545 G01 X90.494 N550 Z-0.253 N555 X95.494 Z-2.753 N560 G03 X96.6 Z-4.087 R1.887 N565 G01 X97.307 Z-3.734 N570 G00 X143.0 N575 M9 N580 G28 U0. N585 G28 W0. (TURN FINISH ТОЧЕНИЕ1) (T4 = SC_DCLNR 2020K 12_CNMG 12 04 08-PM 4325)	N785 T505 N790 G50 S4000 N795 G97 S911 M03 N800 M8 N805 X85.964 Z2.286 N810 G96 S246 N815 G01 X95.768 Z-2.616 F0.08 N820 G03 X96.0 Z-2.897 R0.397 F0.024 N825 G01 Z-100.487 F0.08 N830 G02 X96.348 Z-100.906 R0.593 F0.024 N835 G01 X100.768 Z-103.116 F0.08 N840 G03 X101.0 Z-103.397 R0.397 F0.024 N845 G01 Z-191.898 F0.08 N850 G02 X102.204 Z-192.5 R0.602 N855 G01 X120.206 N860 G03 X121.0 Z-192.897 R0.397 N865 G01 Z-226.791 N870 X130.894 Z-235.359 N875 G03 X131.0 Z-235.557 R0.397 F0.024 N880 G01 Z-255.397 F0.08 N885 X135.804 Z-252.995 N890 G00 X143.0 N895 G28 U0. N900 G28 W0. (TURN ROUGH ТОЧЕНИЕ3)
N600 T404 N605 G50 S4000	

T1 = SC_DCLNR 2525M 16_CNMG 16 06 16-PR 4325)

N915 T101

N920 G50 S4000

N925 G97 S548 M03

N930 M8

N935 G00 X98.825 Z13.674

N940 G96 S170

N945 G01 X-3.175 F0.381

N950 Z17.067

N955 X-2.468 Z17.421

N960 G00 X98.825

N965 G01 Z10.28

N970 X-3.175

N975 Z13.674

N980 X-2.468 Z14.027

N985 G00 X98.825

N990 G01 Z6.887

N995 X-3.175

N1000 Z10.28

N1005 X-2.468 Z10.634

N1010 G00 X98.825

N1015 G01 Z3.493

N1020 X-3.175

N1025 Z6.887

N1030 X-2.468 Z7.24

N1035 G00 X98.825

N1040 G01 Z0.1

N1045 X-3.175

N1050 Z3.493

N1055 X-2.468 Z3.847

N1060 G00 Z20.067

N1065 M9

N1070 G28 U0.

N1075 G28 W0.

(DRILL OTBEPCTIE3)

(T2 = SC_CoroDrill 860.1-0630-024A1-PM 4234)

N1090 T202

N1095 G97 S181 M03

N1100 M8

N1105 X0.

N1110 Z3.0

N1115 G83 Z-13.023 R3.0 I6.3 J6.3 K6.3 F9.779

N1120 G80

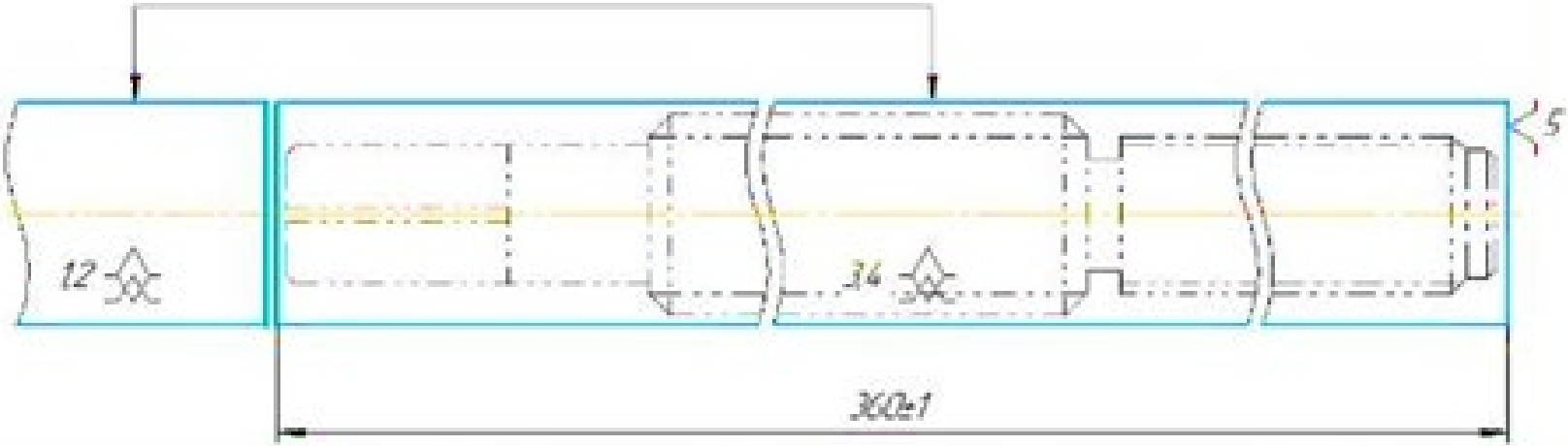
										Форма 7				
Дубл.														
Взам.														
Подл.									Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	
													Листов	Лист
Разраб.				УДУНТ										
Проверил														
Согласов.														
Т. контр.				7.131.242545.T01										
Н. Контр.														
«ЗАТВЕРДЖУЮ» Зав. каф. технології машинобудування _____ (Світлана НЕГРУБ) «_____» _____ 2026 г. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС Виготовлення деталі Гвинт ПОГОДЖЕНО: Керівник _____ (Сергій БОНДАРЕНКО) Розробник _____ (Костянтин ЧУРІЛОВ) Н.контроль _____ (Володимир АНІСІМОВ)														
ТП ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС														

														ГОСТ 3.1118-82		Форма 1				
Дубл.																				
Взам.																				
Подл.																				
										Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						
														Листов	Лист 2					
Разраб.					УДУНТ				7.131.242545.T01											
Проверил																				
Согласов.																				
Т. контр.					Гвинт															
Н. контр																				
M01	Сталь 40X																			
M02	Код		ЕВ	МД	ЕН	Н. расх.	КВМ	Код загот.		Профиль и размеры		КД	МЗ							
	-		кг	2,16			0,61	Прокат		Круг Ø 40		1	3,52							
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции						Обозначение документа									
Б	Код , наименование оборудования						СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	К шт	Т п.з.	Т шт.			
A01				005	Заготівельна															
B02					Стрічкопильний вертстат BS 128 HDRA															
A03				010	Правочна															
B04					Верстат И5526															
A05				015	Термічна															
B06					За технологією термічного цеху															
A07				020	Фрезерно центрувальна															
B08					Фрезерно-центрувальний верстат 2Г942.04															
A09				025	Токарна з ЧПК															
B10					Токарний з ЧПК MAST ML 320x500 SM6															
A11				030	Токарна з ЧПК															
B12					Токарний з ЧПК MAST ML 320x500 SM6															
A13				035	Вертикально-фрезерна															
B14					Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК Haas VF-2															
A15																				
МК	МАРШРУТНА КАРТА																			

															Форма 1				
Дубл.																			
Взам.																			
Подл.																			
										Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					
										Листов			Лист 3						
Разраб.					УДУНТ			7.131.242545.T01											
Проверил																			
Согласов.																			
Т. контр.					Гвинт														
Н. контр																			
M01	Сталь 40X																		
M02	Код		ЕВ	МД	ЕН	Н. расх.	КИМ	Код загот.		Профиль и размеры		КД	МЗ						
	-		кг	2,16			0,61	Прокат		Круг Ø 40		1	3,52						
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции					Обозначение документа									
Б	Код , наименование оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	К шт	Т п.з.	Т шт.			
A01				040	Різьбонарізна														
B02					Токарний з ЧПК MAST ML 320x500 SM6														
A03				045	Різьбошліфувальна														
B04					Шліфувальний верстат Drake GS:TE 240-360														
A05				050	Миєчна														
B06					Ванна														
A07				055	Покривна														
B08					САЕ агрегат														
A09				060	Слюсарна														
B10					Верстак														
A11				065	Контрольна														
B12					Стіл ВТК														
A13																			
B14																			
A15																			
МК	МАРШРУТНА КАРТА																		

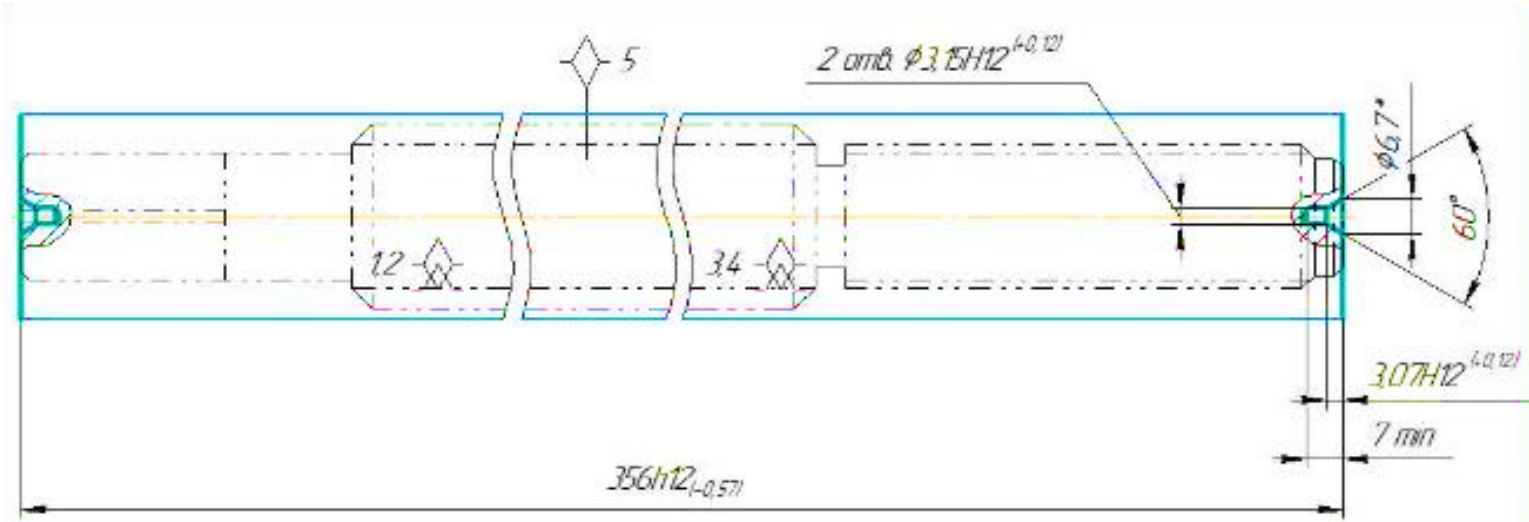
ГОСТ 3.1404-86										Форма 2			
Дубл.													
Взам.													
Подл.													
						Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
									Листов	Лист			
Разраб.				УДУНТ		7.131.242545.T01							
Проверил													
Согласов.													
Т. контр.				Гвинт								005	
Н. контр													
Наименование операции				Материал		Твёрдость		ЕВ	МД	Профиль и размеры		МЗ	КОИД
Відрізна				Сталь 40X				кг	2,16	Круг Ø 40		3,52	1
Оборудование, устройство ЧПУ				Обозначение программы		Т о		Т в		Т пз		Т шт. СОЖ	
Стрічкопильний верстат BS 128 HDRA				—						-			
Р						ПИ	Д или В		L	t	i	S	n V
O01	А. Встановити заготовку та закріпити												
T02	Лещата призматичні												
03													
O04	1.Відрізати заготовку витримуючи розмір 1												
T05	Пила при верстаті												
P06													
O07	2. Розкріпити, зняти заготовку												
T08													
P09													
O10	3. Контроль виконавцем												
T11	Штангельциркуль ШЦ-IV-400-0,1												
12													
P13													
14													
OK	ОПЕРАЦІЙНА КАРТА												

										ГОСТ 3.1105-84		Форма 7	
Дубл.													
Взам.													
Подл.													
								Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	
										Листов	Лист		
Разраб.				УДУНТ		7.131.242545.T01							
Проверил													
Согласов.													
Т. контр.				Гвинт								005	
Н. Контр.													



ГОСТ 3.1404-86										Форма 2		
Дубл.												
Взам.												
Подл.												
						Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		
									Листов	Лист		
Разраб.				УДУНТ		7.131.242545.T01						
Проверил												
Согласов.												
Т. контр.				Гвинт								020
Н. контр												
Наименование операции				Материал		Твёрдость	ЕВ	МД	Профиль и размеры		МЗ	КОИД
Фрезерно-центрувальна				Сталь 40Х			кг	2,16	Круг Ø 40		3,52	1
Оборудование, устройство ЧПУ				Обозначение программы		Т о	Т в	Т пз	Т шт.	СОЖ		
2Г942.04				—				-				
Р						ПИ	Д или В	L	t	i	S	n V
O01	А. Встановити заготовку та закріпити											
T02	Лещата верстатні											
03												
O04	1.Фрезерувати торці витримуючи розмір 5											
T05	Фреза 2210-0071 P6M5 ГОСТ9304-69											
P06												
O07	2. Свердлили центрові отвори ø3.15 витримуючи розмірі 1-4											
T08	Центрувальне свердло 2210-0071 P6M5											
P09												
O10	3. Контроль виконавцем											
T11	Штангельциркуль ШЦ-IV-400-0,1, штангельциркуль ШЦ-I-125-0,05 ГОСТ166-89,											
12												
P13												
14												
OK	ОПЕРАЦІЙНА КАРТА											

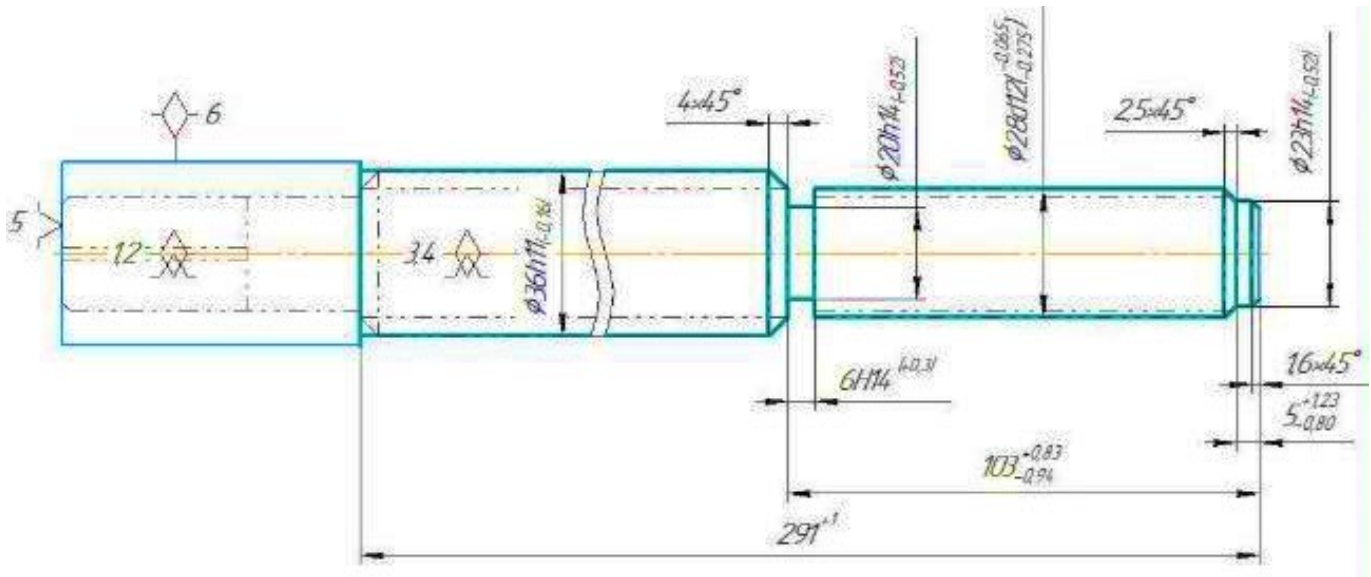
										ГОСТ 3.1105-84		Форма 7	
Дубл.													
Взам.													
Подл.													
						Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
									Листов	Лист			
Разраб.					УДУНТ		7.131.242545.T01						
Проверил													
Согласов.													
Т. контр.					Гвинт								
Н. Контр.												020	



ГОСТ 3.1404-86										Форма 2				
Дубл.														
Взам.														
Подл.														
						Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
									Листов	Лист				
Разраб.				УДУНТ		7.131.242545.T01								
Проверил														
Согласов.														
Т. контр.				Гвинт								025		
Н. контр														
Наименование операции				Материал		Твёрдость		ЕВ	МД	Профиль и размеры		МЗ	КОИД	
Токарна з ЧПК				Сталь 40Х				кг	2,16	Круг Ø 40		3,52	1	
Оборудование, устройство ЧПУ				Обозначение программы		Т о		Т в		Т пз		Т шт.		
MAST ML 320x500 SM6				—						-				
Р						ПИ	Д или В		L	t	i	S	n	V
O01	А. Встановити заготовку та закріпити													
T02	Патрон трьохкулачковий													
03														
O04	1.Точити поверхню витримуючи розміри 1-10													
T05	різець PCLNL2525M12 з пластиною CNMG120404-M5 TP2501													
P06														
O07	2. Точити поверхню витримуючи розміри 4													
T08	різець PCLNL2525M12 з пластиною CNMG120404-M5 TP2501													
P09														
O10	3. Точити поверхню витримуючи розміри 6,8													
T11	різець DWLNR2525M08 з пластиною WNMG080616-M6 TP1501,													
P12														
O13	4. Точити канавку витримуючи розміри 3, 9, 11													
T14	різець CPIR2525M0612 з пластиною LCMP1606008-0600PT TGP25													
OK	ОПЕРАЦІЙНА КАРТА													

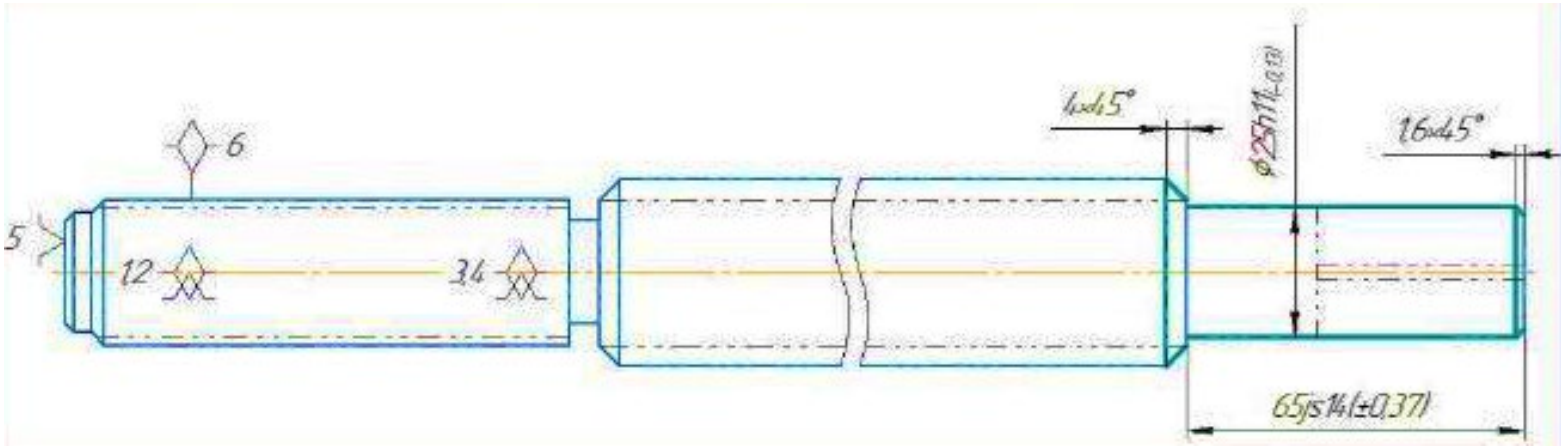
ГОСТ 3.1404-86										Форма 2		
Дубл.												
Взам.												
Подл.												
						Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		
									Листов	Лист		
Разраб.				УДУНТ		7.131.242545.T01						
Проверил												
Согласов.												
Т. контр.				Гвинт								025
Н. контр												
Наименование операции				Материал		Твёрдость	ЕВ	МД	Профиль и размеры		МЗ	КОИД
Токарна з ЧПК				Сталь 40Х			кг	2,16	Круг Ø 40		3,52	1
Оборудование, устройство ЧПУ				Обозначение программы		Т о	Т в	Т пз	Т шт.	СОЖ		
Haas ST-10				—				-				
Р						ПИ	Д или В	L	t	i	S	n V
O01	5. Точити фаски витримуючи розміри 2, 5, 7											
T02	різець CIPR2525M0612 з пластиною LCMP1606008-0600PT TGP25											
03												
O04	6. Розкріпити та зняти заготовку											
T05												
P06												
O07	7. Контроль											
T08	Штангельциркуль ШЦ-I-125-0,05 ГОСТ166-89											
P09												
O10												
T11												
12												
P13												
14												
OK	ОПЕРАЦІЙНА КАРТА											

										ОСТ 3.1105-84		Форма 7	
Дубл.													
Взам.													
Подл.													
						Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
									Листов	Лист			
Разраб.						УДУНТ		7.131.242545.T01					
Проверил													
Согласов.													
Т. контр.						Гвинт						025	
Н. Контр.													



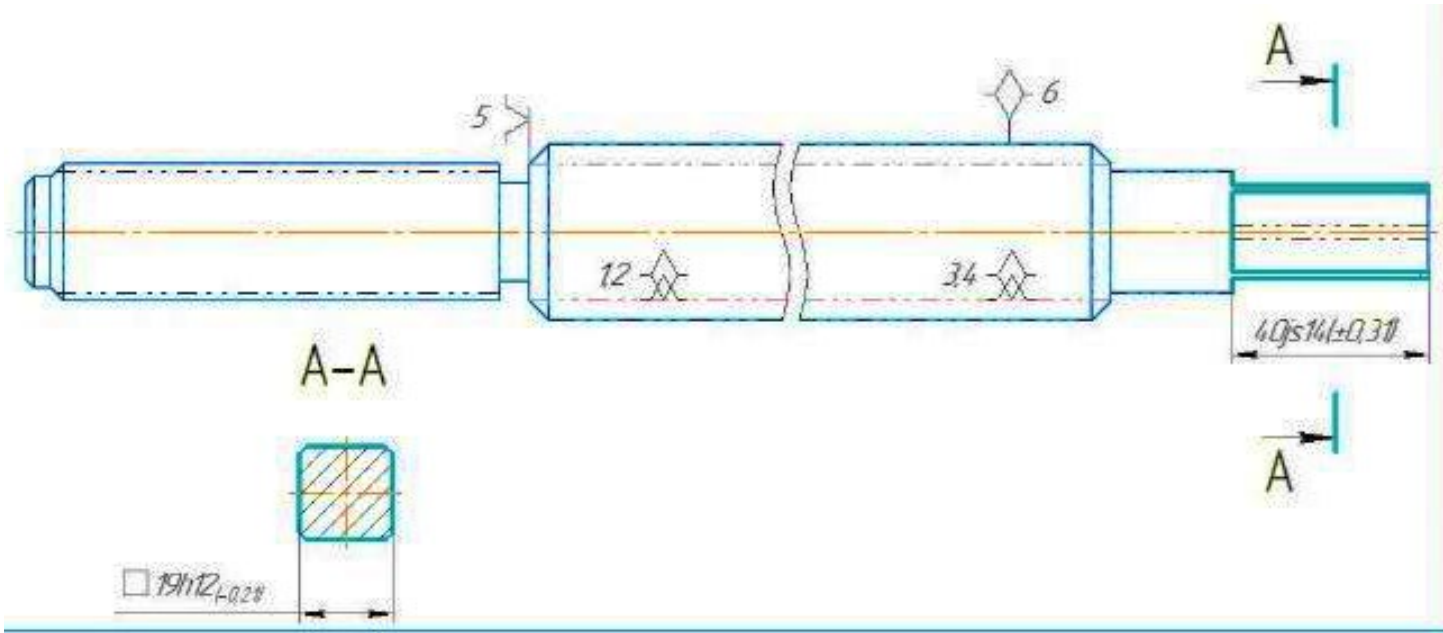
ГОСТ 3.1404-86										Форма 2		
Дубл.												
Взам.												
Подл.												
						Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		
									Листов	Лист		
Разраб.				УДУНТ		7.131.242545.T01						
Проверил												
Согласов.												
Т. контр.				Гвинт								030
Н. контр												
Наименование операции				Материал		Твёрдость	ЕВ	МД	Профиль и размеры		МЗ	КОИД
Токарна з ЧПК				Сталь 40Х			кг	2,16	Круг Ø 40		3,52	1
Оборудование, устройство ЧПУ				Обозначение программы		Т о	Т в	Т пз	Т шт.		СОЖ	
MAST ML 320x500 SM6				—				-				
Р						ПИ	Д или В	L	t	i	S	n V
O01	А. Встановити заготовку та закріпити											
T02	Патрон трьохкулачковий											
03												
O04	1.Точити поверхню витримуючи розміри 2,4											
T05	різець PCLNL2525M12 з пластиною CNMG120404-M5 TP2501											
P06												
O07	2. Точити фаски витримуючи розміри 1,3											
T08	різець PCLNL2525M12 з пластиною CNMG120404-M5 TP2501											
P09												
O10	3. Розкріпити та зняти заготовку											
T11												
P12												
O13	4. Контроль											
T14	Штангельциркуль ШЦ-I-125-0,05 ГОСТ166-89											
OK	ОПЕРАЦІЙНА КАРТА											

										ОСТ 3.1105-84		Форма 7	
Дубл.													
Взам.													
Подл.													
						Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
									Листов	Лист			
Разраб.						УДУНТ		7.131.242545.T01					
Проверил													
Согласов.													
Т. контр.						Гвинт						030	
Н. Контр.													

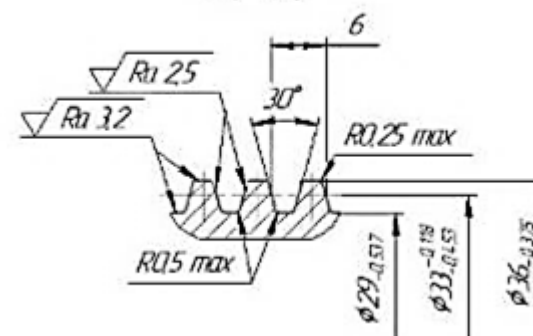
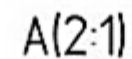


ГОСТ 3.1404-86										Форма 2				
Дубл.														
Взам.														
Подл.														
						Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
									Листов	Лист				
Разраб.				УДУНТ		7.131.242545.T01								
Проверил														
Согласов.														
Т. контр.				Гвинт								035		
Н. контр														
Наименование операции				Материал		Твёрдость		ЕВ	МД	Профиль и размеры		МЗ	КОИД	
Вертикально-фрезерна				Сталь 40X				кг	2,16	Круг Ø 40		3,52	1	
Оборудование, устройство ЧПУ				Обозначение программы		Т о		Т в		Т пз		Т шт.		
Haas VF-2				—						-				
Р						ПИ	Д или В		L	t	i	S	n	V
O01	А. Встановити заготовку та закріпити													
T02	Пристосування верстатне													
03														
O04	1.Фрезерувати квадрат витримуючи розміри 19h12 _(-0.21) , 40js14(±0.31)													
T05	Фреза 2223-0021 Р6М5 ГОСТ 17026-71													
P06														
O07	2. Розкріпити та зняти заготовку													
T08														
P09	7. Контроль													
O10	Штангельциркуль ШЦ-I-125-0,05 ГОСТ166-89													
T11														
P12														
O13														
T14														
OK	ОПЕРАЦІЙНА КАРТА													

										ГОСТ 3.1105-84		Форма 7	
Дубл.													
Взам.													
Подл.										Изм	Лист	№ докум.	Подпись
												Листов	Лист
Разраб.					УДУНТ		7.131.242545.T01						
Проверил													
Согласов.													
Т. контр.					Гвинт								035
Н. Контр.													



ГОСТ 3.1404-86										Форма 2		
Дубл.												
Взам.												
Подл.												
						Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		
									Листов	Лист		
Разраб.				УДУНТ		7.131.242545.T01						
Проверил												
Согласов.												
Т. контр.				Гвинт								040
Н. контр												
Наименование операции				Материал		Твёрдость	ЕВ	МД	Профиль и размеры		МЗ	КОИД
Різьбонарізна				Сталь 40X			кг	2,16	Круг Ø 40		3,52	1
Оборудование, устройство ЧПУ				Обозначение программы		Т о	Т в	Т пз	Т шт.	СОЖ		
MAST ML 320x500 SM6				—				-				
Р						ПИ	Д или В	L	t	i	S	n V
O01	А. Встановити заготовку та закріпити											
T02	Трьохкулачковий патрон											
03												
O04	1.Нарізати різьбу 2											
T05	Різець CER2525M16QHD з пластиною. 16ER201ISO CP500											
P06												
O07	2. Нарізати різьбу 1											
T08	Різець CER2525M27QHD з пластиною. 27ER66OTR CP500											
P09												
O10	3. Контроль виконавцем											
T11	Кільце різьбове M25x2-6g. гільце різьбове Tг36x6-7e.											
12												
P13												
14												
OK	ОПЕРАЦІЙНА КАРТА											

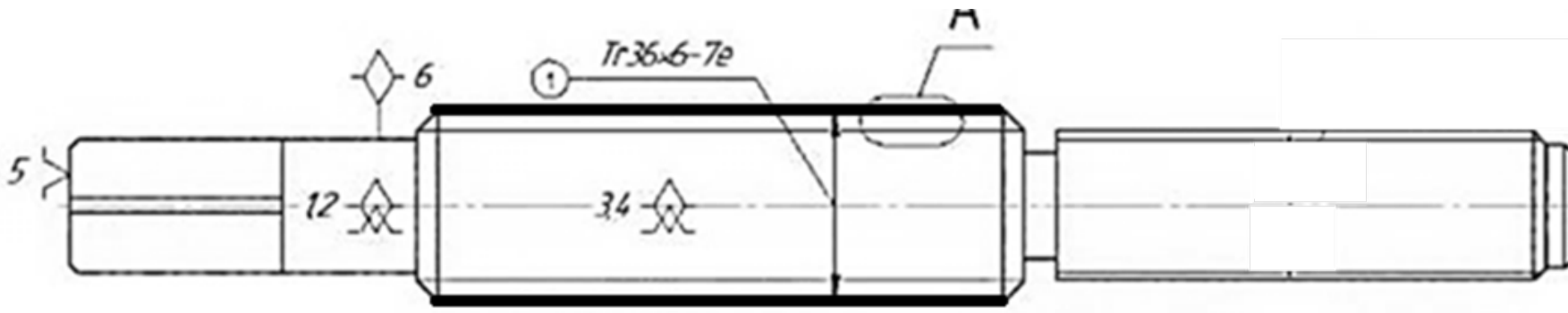
040

ГОСТ 3.1404-86										Форма 2		
Дубл.												
Взам.												
Подл.												
						Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		
									Листов	Лист		
Разраб.				УДУНТ		7.131.242545.T01						
Проверил												
Согласов.												
Т. контр.				Гвинт								040
Н. контр												
Наименование операции				Материал		Твёрдость	ЕВ	МД	Профиль и размеры		МЗ	КОИД
Різьбошліфувальна				Сталь 40Х			кг	2,16	Круг Ø 40		3,52	1
Оборудование, устройство ЧПУ				Обозначение программы		Т о	Т в	Т пз	Т шт.		СОЖ	
Drake GS:TE 240-360				—				-				
Р						ПИ	Д или В	L	t	i	S	n V
O01	А. Встановити заготовку та закріпити											
T02	Трьохкулачковий патрон, центр											
03												
O04	1.Шліфувати різьбу 1											
T05	Шліфувальне коло GENIS 2 11V9 150×10×20 126 C125 V5											
P06												
O07	2. Контроль виконавцем											
T08	Кільце різьбове M25x2-6g. гільце різьбове Tг36x6-7e.											
P09												
O10												
T11												
12												
P13												
14												
OK	ОПЕРАЦІЙНА КАРТА											

										ГОСТ 3.1105-84		Форма 7		
Дубл.														
Взам.														
Подл.										Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
												Листов	Лист	
Разраб.				УДУНТ		7.131.242545.T01								
Проверил														
Согласов.														
Т. контр.				Гвинт								045		
Н. Контр.														

Technical drawing of a bolt with a hexagonal head. The drawing shows a side view and a detail view A(2:1) of the hexagonal head. The side view shows a bolt with a hexagonal head, a threaded section, and a smooth section. The hexagonal head is labeled with '6' and 'Tr 36x6-7e'. The threaded section is labeled with '12' and '34'. The smooth section is labeled with '5'. The detail view A(2:1) shows the hexagonal head with dimensions: R1 25, R1 32, 30°, R0.25 max, R0.15 max, and diameters 29.45, 33.05, and 36.45.

ГОСТ 3.1404-86										Форма 2		
Дубл.												
Взам.												
Подл.												
						Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		
									Листов	Лист		
Разраб.				УДУНТ		7.131.242545.T01						
Проверил												
Согласов.												
Т. контр.				Гвинт								040
Н. контр												
Наименование операции				Материал		Твёрдость	ЕВ	МД	Профиль и размеры		МЗ	КОИД
Покривна				Сталь 40Х			кг	2,16	Круг Ø 40		3,52	1
Оборудование, устройство ЧПУ				Обозначение программы		Т о	Т в	Т пз	Т шт.	СОЖ		
САЕ				—				-				
Р						ПИ	Д или В	L	t	i	S	n V
O01	А. Встановити заготовку та закріпити											
T02	Центра											
03												
O04	1.Нанести покриття на поверхню різьби 1											
T05												
P06												
O07	2. Контроль виконавцем											
T08	Кільце різьбове Тг36х6-7е											
P09												
O10												
T11												
12												
P13												
14												
OK	ОПЕРАЦІЙНА КАРТА											

										ГОСТ 3.1105-84		Форма 7	
Дубл.													
Взам.													
Подл.													
						Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
									Листов	Лист			
Разраб.					УДУНТ		7.131.242545.T01						
Проверил													
Согласов.													
Т. контр.					Гвинт							055	
Н. Контр.													
													
KE	КАРТА ЕСКІЗІВ												