

**Міністерство освіти і науки України  
Луцький національний технічний університет  
Факультет транспорту та механічної інженерії  
Кафедра прикладної механіки та мехатроніки**

***КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА***  
**ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ**  
**ОСВІТИ «МАГІСТР»**

**ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТОЧНОСТІ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ ТИПУ КОРПУС  
47.47.04 ШЛЯХОМ ПІДВИЩЕННЯ ТРИБОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК  
ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ**

спеціальність      131 Прикладна механіка  
освітня програма      Прикладна механіка

Виконав: здобувач вищої освіти  
Групи ПМмз-21  
Онофрійчук Андрій Юрійович

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник:  
К.т.н., доцент  
Гальчук Тетяна Никифорівна

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Кваліфікаційну роботу  
допущено до захисту  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.  
К.т.н., доцент  
Гарант освітньої програми:  
Четвержук Тарас Іванович

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Луцьк – 2025 року

# Луцький національний технічний університет

Факультет: транспорту та механічної інженерії

Кафедра: прикладної механіки та мехатроніки

Ступінь вищої освіти: магістр

Галузь знань: 13 Механічна інженерія

Спеціальність: 131 Прикладна механіка

Освітня програма: Прикладна механіка

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_  
(Редько Р.Г.)

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2025р.

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Онофрійчуку Андрію Юрійовичу

1. Тема кваліфікаційної роботи Забезпечення точності обробки деталей типу корпус 47.47.04 шляхом підвищення трибологічних характеристик елементів технологічного оснащення.

Керівник роботи Гальчук Тетяна Никифорівна, к.т.н., доцент.

затверджені наказом закладу вищої освіти від “ 14 ” червня 2025 р. № 391/01-07

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 15.12.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи: креслення деталі корпус 47.47.04, технологічний процес виготовлення корпусу 47.47.04, програма випуску 70000 шт/рік, нормативно-технічна документація, довідникові дані.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що потрібно розробити):

Анотація. Вступ. Розділ 1. Аналіз об'єкту проектування. Розділ 2. Проектування технології виготовлення корпусу 47.47.04. Розділ 3. Конструювання технологічного оснащення. Розділ 4. Підвищення трибологічних характеристик елементів технологічного оснащення. Розділ 5. Економічне обґрунтування доцільності впровадження технологічного процесу обробки корпусу 47.47.04. Висновки. Список посилань. Додатки.

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу

Презентація 18 слайдів, 18 листів (ф.А4).

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання

14.06.2025 р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Розділ 1. Аналіз об'єкту проектування</i>	<i>06.09.2025р.</i>	
2.	<i>Розділ 2. Проектування технології виготовлення корпусу 47.47.04.</i>	<i>27.09.2025р.</i>	
3.	<i>Розділ 3. Конструювання технологічного оснащення.</i>	<i>11.10.2025р.</i>	
4.	<i>Розділ 4. Підвищення трибологічних характеристик елементів технологічного оснащення.</i>	<i>25.10.2025р.</i>	
5.	<i>Розділ 5. Економічне обґрунтування доцільності впровадження технологічного процесу обробки корпусу 47.47.04</i>	<i>08.11.2025р.</i>	
6.	<i>Висновки</i>	<i>15.11.2025р.</i>	
7.	<i>Формування списку посилань</i>	<i>15.11.2025р.</i>	
8.	<i>Формування додатків</i>	<i>15.11.2025р.</i>	
9.	<i>Оформлення ілюстративного матеріалу</i>	<i>29.11.2025р.</i>	
10.	<i>Інструментальна перевірка на академічний плагіат</i>	<i>03.12.2025р.</i>	
11.	<i>Представлення кваліфікаційної роботи до захисту</i>	<i>15.12.2025р.</i>	

Здобувач вищої освіти \_\_\_\_\_

Керівник кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_

Онофрійчук А. Ю.

Гальчук Т.Н.

## АНОТАЦІЯ

Онофрійчук А. Ю. Забезпечення точності обробки деталей типу корпус 47.47.04 шляхом підвищення трибологічних характеристик елементів технологічного оснащення. – Рукопис.

Кваліфікаційна робота магістра освітньої програми «Прикладна механіка» спеціальності 131 Прикладна механіка. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2025.

В даній роботі було виконано комплекс технологічно-конструкторських завдань для виготовлення корпусу 47.47.04 для умов багатосерійного виробництва а саме: визначені тип виробництва і форма організації робіт, проведено аналіз конструкції і технологічності деталі, вибрано спосіб виготовлення заготовки, спроектовано маршрут механічної обробки деталі корпус 47.47.04 з розробкою змісту операцій, технологічного оснащення та інструментів, встановлені технологічні розміри, припуски, визначено режими різання, спроектована дільниця механічної обробки корпусу 47.47.04, розроблені заходи з охорони праці та безпеки виробництва; визначені основні ТЕП запропонованого проектного рішення. Проведено теоретичне узагальнення й оптимальне вирішення наукової задачі, що полягає у використанні технологічного оснащення на виробництві на базі сучасних конструктивних і технологічних рішень. Розроблена графічна частина та технологічна документація.

Ключові слова: корпус, кондуктор, втулка, зношування, обробка, свердло.

## ABSTRACT

Onofriychuk A. Y. Ensuring the accuracy of machining of parts of the 47.47.04 housing type by improving the tribological characteristics of technological equipment elements - Manuscript.

Master's qualification work of the "Applied Mechanics" educational program, specialty 131 Applied Mechanics. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2025.

In this work, a complex of technological design problems for the manufacture of the body 47.47.04 was carried out for the conditions of multi-series production, namely: the type of production and the form of organization of work, the analysis of the design and machinability of the part, the method of manufacturing the workpiece was chosen, the route of mechanical processing of the details of the body 47.47.04 was designed with the development of the maintenance of the operations, technological equipment and tools, the technological dimensions, assumptions, cut-off modes were determined, the design section of the mechanical processing of the case was designed 47.47.04, measures occupational safety and security; the main TPPs of the proposed project design are determined. The theoretical generalization and optimal solution of the scientific problem, which consists in the use of technological equipment in production on the basis of modern constructive and technological solutions, is carried out. The graphic part and technological documentation are developed.

The theoretical generalization and optimal solution of the scientific problem, which consists in the use of technological equipment in production on the basis of modern constructive and technological solutions, is carried out. The graphic part and technological documentation are developed.

Key words: body, conductor, bushing, wear, processing, drill.

## ЗМІСТ

	стр.
ВСТУП	7
1 РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ОБ’ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ	10
1.1 Аналіз конструкції корпусу 47.47.04	10
1.2 Аналіз обладнання і оснащення для виготовлення корпусу 47.47.04	11
1.3 Планування технологічного процесу виготовлення корпусу 47.47.04	12
1.4 Економічна доцільність розробки технологічного процесу виготовлення корпусу 47.47.04	14
1.5 Висновки до 1-го розділу	16
2 РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ КОРПУСУ 47.47.04	17
2.1 Попереднє визначення показників виробництва	17
2.2 Обґрунтування методу отримання заготовки. Розробка 3D моделі заготовки	19
2.3 Технологічне обґрунтування баз для обробки	21
2.4 Призначення припусків, режимів різання та технічної норми часу	25
2.5 Висновки до 2-го розділу	27
3 РОЗДІЛ 3. КОНСТРУЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ	28
3.1 Проектування верстатного пристрою для свердління	28
3.2 Проектування контрольного пристрою	33
3.3 Проектування ріжучого інструменту	34
3.4 Висновки до 3-го розділу	35

	РОЗДІЛ 4. ПІДВИЩЕННЯ ТРИБОЛОГІЧНИХ	37
4	ХАРАКТЕРИСТИК ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ	
4.1	Аналіз факторів, що впливають на зношування	37
4.2	Забезпечення підвищення трибологічних характеристик проекування технологічного оснащення	41
4.3	Визначення величини зношування кондукторних втулок	44
4.4	Експериментальні дослідження процесу зношування кондукторних втулок	45
4.5	Висновки до 4-го розділу	47
5	РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ КОРПУСУ 47.47.04	49
5.1	Кошторис капітальних витрат технологічного процесу	49
5.2	Розрахунок виробничої собівартості виготовлення одиниці продукції	50
5.3	Ціни реалізації виробу	51
5.4	Величина чистого прибутку	51
5.5	Оцінювання економічної ефективності інноваційних рішень	52
5.6	Висновки до 5-го розділу	53
	ВИСНОВКИ	54
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	56
	ДОДАТКИ	59

## ВСТУП

Актуальність теми зумовлена тим, що на сучасному етапі машинобудування має першочергове завдання - покращення експлуатаційних та технологічних параметрів деталей машин. Для цього необхідно впроваджувати у виробництво нові шляхи, які б дали змогу покращити якість продукції, зменшити собівартість її виготовлення та ремонту. В цьому контексті необхідно вирішувати задачу підвищення експлуатаційної надійності і довговічності технологічного оснащення, в тому числі переналагоджувальних свердлильних пристроїв, що дасть змогу поліпшити якість виробів та зробити виробництво гнучким і швидко переналагоджуваним на різні типорозміри деталей машин, кількість яких визначають потреби ринку.

Мета і задачі дослідження. Метою магістерської кваліфікаційної роботи є забезпечення точності обробки деталей типу корпус шляхом розробки технологічного процесу механічної обробки із використанням оптимальної конструкції пристосування із підвищеною стійкістю до зношення його конструктивних елементів.

При цьому повинні бути вирішені такі задачі:

- варіантний вибір способу виготовлення заготовки;
- проектування маршруту механічної обробки з раціональним вибором верстатів;
- визначення оптимальних режимів різання;
- дослідження впливу технологічних параметрів процесу свердління і конструктивних параметрів кондукторної втулки на величину її зношування;
- визначити залежність величини зношення кондукторної втулки від кількості деталей у партії;
- проектування технологічного оснащення;
- оцінювання економічної ефективності інноваційних рішень.

Об'єкт дослідження – корпус 47.47.04.

Предмет дослідження – технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус 47.47.04».

Методологія і методика досліджень. Загальні положення технології машинобудування, теорії різання матеріалів, методів планування експерименту для проведення експериментальних досліджень та аналізу і оброблення їх результатів. Експериментальні дослідження базуються на математичній статистиці і виконувались на верстаті 2К52 з використанням сучасної контрольно-вимірювальної апаратури.

Наукова новизна одержаних результатів. Запропоновано впровадження конструкцію кондуктора, що переналагоджується для обробки отворів в деталях типу круглий корпус, яка забезпечує підвищення експлуатаційних показників кондукторних втулок, які саме більше зношуються, а також якість оброблювальних деталей. Представлені аналітичні залежності для визначення величини зношення кондукторних втулок від конструктивних, технологічних параметрів їх взаємодії з свердлом.

Практичне значення одержаних результатів. Практичне значення одержаних результатів полягає в розробленні технологічного процесу механічної обробки деталі типу «Корпус 47.47.04». При цьому запропоновані такі рішення:

- розроблений технологічний процес механічної обробки, який дає можливість отримати прибуток у понад 30млн. грн. за оптимальної продуктивності праці;
- розроблена конструкція пристосування для виконання операцій механічної обробки;
- використання для обробки запропонованого технологічного оснащення дозволило знайти шляхи зменшення зношування конструктивних елементів у 4 рази.

Апробація результатів магістерської роботи. Робота доповідалась та отримала позитивний відгук на розширеному засіданні науково семінару кафедри прикладної механіки та мехатроніки Луцького національного технічного

університету та V студентській науково-технічній конференції «Інноваційні технології в транспорті та механічній інженерії», м. Луцьк, 2025 р.

Достовірність теоретичних положень магістерської кваліфікаційної роботи підтверджується повною відповідністю поставленим задачам.

Публікації. Результати магістерської роботи опубліковані у:

Онофрійчук А. Підвищення трибологічних характеристик елементів технологічного оснащення: тези V студентської науково-технічної конференції «Інноваційні технології в транспорті та механічній інженерії». Луцьк: ЛНТУ, 2025. С.152-154. – URS: <https://drive.google.com/>

## РОЗДІЛ 1

### АНАЛІЗ ОБ'ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ

#### 1.1 Аналіз конструкції корпусу 47.47.04

Деталь матрицетримач відноситься до класу кріпильних деталей. Основними базами, з допомогою яких корпусні деталі приєднуються до станин, рам або до других корпусів, в більшості випадків являються плоскі поверхні, чи одного або двох базових отворів. Допоміжними базами корпусних деталей є головні отвори, по них базуються шпинделі, вали, а також плоскі поверхні, які визначають положення різних приєднувальних вузлів і деталей, а саме кришок, фланців та інших. Хімічні і механічні властивості матеріалу деталі Ст 35 ДСТУ 7809-2015 в таблицях А.1 та А.2 [1]. Креслення деталі (рис. А.1) показує, що вона служить для закріплення і утримування матриці для пробивання отворів у шайбі. Для кріпильних деталей цього виду характерною є наявність базових поверхонь, основних отворів і отворів для кріплення.

Деталь корпус 47.47.04 має хороші базові поверхні для першочергових операцій. Вимоги до точності і шорсткості до більшості оброблюваних поверхонь невеликі, що дозволяє використовувати одноразову обробку. Конструкція деталі дозволяє проводити обробку плоских поверхонь на прохід і немає поверхонь, які розміщені під гострими або тупими кутами до площини основи. Це дає змогу використовувати для механічної обробки стандартні або нескладні пристрої. Осі всіх основних отворів розміщені паралельно або перпендикулярно до площин основи. Розташування кріпильних отворів допускає багато-інструментальну обробку. Контроль шорсткості та параметрів точності є можливість здійснити з використанням простих схем вимірювання та стандартних вимірювальних інструментів.

В цілому по якісних показниках можна зробити наступний висновок: корпус є технологічною деталлю.

Проведемо кількісну оцінку технологічності по коефіцієнтах уніфікації, стандартизації, точності обробки поверхні, якості обробки (шорсткості поверхонь) та по коефіцієнту використання матеріалу за методом джерела [2].

Оскільки корпус має елементи і плоских, і циліндричних поверхонь, то відповідно визначимо коефіцієнт уніфікації циліндричних елементів і коефіцієнт уніфікації плоских елементів. Розрахунок наведено у додатку А.

За результатами розрахунків деталь корпус є технологічною за показниками  $K_T = 0,89$ ;  $K_{ш} = 0,11$ ;  $K_{в.м} = 0,62$ . За показником уніфікації елементів, що становить  $K_{ун} = 0,5$  – не технологічна.

Деталь є технологічною, оскільки вона задовольняє всі умови пред'явлені до неї.

## 1.2 Аналіз обладнання і оснащення для виготовлення корпусу 47.47.04

Сучасні розробки в галузі технології виготовлення даного виду деталей дозволяють обробляти деталі за мінімум приведених витрат та часу на обробку деталей. Зазвичай використовуються оброблювальні центри, верстати з ЧПК, з поворотним столом, автоматичні верстати, багатоцільові та комбіновані, багатошпindelні, які дають змогу обробити за одну операцію максимум поверхонь деталі, а в багатьох випадках і всю деталь не завжди є доцільним виходячи з умов діючого виробництва. Також варто відмітити, що використовувати універсальні верстати в умовах серійного сучасного виробництва має широке застосування особливо у поєднанні із використанням автоматичних затискних пристроїв. Саме нові можливості оснастки дають можливість спростити роботу та скоротити час на установку і базування деталей на різних операціях [3].

Використовують різці з композиційних матеріалів та кераміки, з напиленням твердосплавного матеріалу та змінними твердосплавними пластинками, що підвищує точність та якість оброблюваної поверхні, а також

підвищує період стійкості та максимально можливі режими роботи інструмента.

### 1.3 Планування технологічного процесу виготовлення корпусу 47.47.04

Ефективне виконання комплексу робіт по створенню нових виробів з високим техніко – економічним рівнем і якістю залежить в значній мірі від їх організаційного і інформаційного забезпечення, а також від прогресивних методів планування. Традиційні методи планування передбачають використання простих моделей типу стрічкових графіків (графіків Гранта) [4]. Таким графікам притаманні наступні основні недоліки:

- неможливо показати взаємозв'язок між окремими роботами, тому важко оцінити важливість кожної з них, зокрема для досягнення кінцевої мети;
- важко відобразити динамічність сучасних розробок, скоректувати весь графік в зв'язку із зміною термінів виконання однієї з робіт чи групи робіт, показати, як змінюються (і чи змінюються взагалі) терміни завершення всього комплексу робіт;
- важко автоматизувати роботи.

Уникнути вище перелічених недоліків дозволяє застосування системи сіткового планування і управління.

Найбільше розробленою в даний час є система планування, в якій в склад вхідної інформації включається лише дані про часові параметри і відсутні дані про вартість робіт і ресурсів, тобто система, за допомогою якої проводиться оптимізація за часом процесу виконання комплексу робіт, які описуються однією сіткою [4]. Основним плановим документом в системі сіткового планування є сітковий графік (сіткова модель), що являє собою інформаційно – динамічну модель, в якій зображуються взаємозв'язки і результати всіх робіт, необхідних для досягнення кінцевої мети розробки.

Складаємо сітковий графік планування технологічного процесу виготовлення деталі (рис. 1.1), взявши за події операції спроектованих технологічних процесів (табл. А.3).

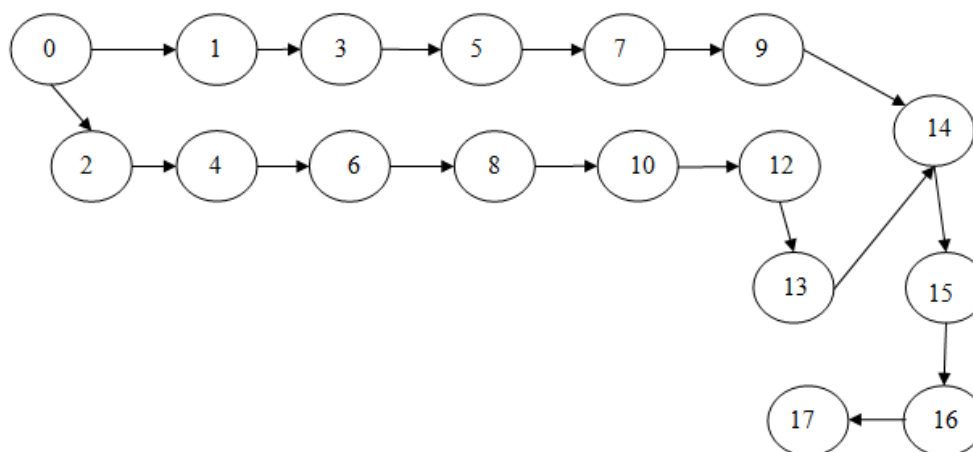


Рис. 1.1 - Сітковий графік планування технологічного процесу

Критичний шлях і аналіз параметрів кожного з шляхів здійснюємо за допомогою складання таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Визначення тривалості шляхів

Шифр роботи		Шляхи	
Початкова подія	Наступна подія	1	2
1	2	3	4
1	3	4,832	-
2	4	-	5,614
3	5	0,595	-
4	6	-	0,496
5	7	0,69	-
6	8	-	0,51
7	9	0,978	-
8	10	-	0,398
9	14	1,674	-
10	12	-	0,281
14	15	0,905	-
12	13	-	1,213
13	14	-	0,342
14	15	-	0,118
15	16	1,04	1,04
16	17	-	-
Тривалість		10,71	11,052

#### 1.4. Економічна доцільність розробки технологічного процесу виготовлення корпусу 47.47.04

Зменшення собівартості одиниці продукції  $\Delta S$  внаслідок модернізації технологічного процесу можна спрогнозувати таким спрощеним методом, яким є метод питомої ваги [5]. Цей метод застосовується тоді, коли є можливість зменшити одну із прямих витрат (наприклад, зменшити витрати на матеріали, комплектуючі, заробітну плату, тощо) і коли відома питома вага даної статті витрат в собівартості.

Зменшення собівартості одиниці продукції можливо спрогнозувати за формулою, грн:

$$\Delta S = \frac{B_{iA} - B_{iH}}{K_{iA}},$$

де  $B_{iA}$  – витрати на матеріал на одиницю продукції за базовим технологічним процесом,  $B_{iA} = 29,25$  грн.;

$B_{iH}$  – витрати на матеріал на одиницю продукції за новим технологічним процесом,  $B_{iH} = 16,78$  грн.;

$K_{iA}$  – частка і-ї статті витрат у собівартості продукції-аналога,  $K_{iA} = 0,55 \dots 0,7$ .

$$\Delta S = \frac{29,25 - 16,78}{0,7} = 17,81 \text{ (грн)}$$

Величину додаткових капітальних вкладень  $\Delta K$  можна спрогнозувати за формулою, грн.:

$$\Delta K = (2 \dots 4) \cdot V_{\text{обл.}}$$

де  $2 \dots 4$  – коефіцієнт, який враховує витрати на проектування, оренду приміщень, тощо;

$V_{\text{обл.}}$  – вартість обладнання, яке необхідно придбати для впровадження технологічного процесу (вартість верстатів, що були у використанні).

Для впровадження технологічного процесу необхідно придбати верстати токарно-гвинторізний 16K20 – 4 шт., координатно-свердлильний 2A430 – 2 шт., радіально-свердлильний 2K52 – 1 шт., плоскошліфувальний 3E756 – 1 шт.

Таблиця 1.2 – Вартість необхідного обладнання

Назва операції	Обладнання	Кількість обладнання на дільниці	Ціна, грн.	Вартість, грн.
Токарно-гвинторізна	16K20	4	12000	48000
Координатно-свердлильна	2A430	2	16000	32000
Радіально-свердлильна	2K52	1	8500	8500
Плоскошліфувальна	3E756	1	10200	10200
Всього		8		394800

$$\Delta K = 4 \cdot 98700 = 394800 \text{ (грн)}$$

Розрахуємо термін окупності технологічного процесу та порівняємо його з нормативними. Механізм співставлень додаткових капітальних вкладень та економії на собівартості продукції зводиться до розрахунку терміну окупності додаткових капітальних вкладень:

$$T_{ок} = \frac{\Delta K}{\Delta S \cdot N}, \text{ (років)}$$

де  $N$  – обсяг виробництва нової продукції за рік при застосуванні технологічного процесу,  $N = 70000$  шт.

$$T_{ок} = \frac{394800}{17,81 \cdot 70000} = 0,32 \text{ (роки)}$$

### 1.5. Висновки до 1-го розділу

В даному розділі було проаналізовано конструкцію корпусу 47.47.04, з точки зору його службового призначення, технічних умов на виготовлення.

Для підвищення продуктивності та зниження собівартості механічної обробки виробу, для умов серійного виробництва, планується використати найбільш оптимальні моделі верстатів, впровадити більш продуктивний спосіб отримання заготовки, визначити припуски на обробку, режими різання, технічну норму часу.

Розробити пристрої, які підвищують продуктивність виготовлення деталі та забезпечують точність обробки деталей типу «корпус 47.47.04» шляхом підвищення трибологічних характеристик елементів технологічного оснащення.

Розрахувати та зробити план ділянки з урахуванням технологічного процесу.

Провівши техніко-економічний аналіз можна сказати, що зменшення собівартості виготовлення деталі складає 17,81 грн., капітальні вкладення на впровадження технологічного процесу складають при цьому 394800 грн., термін окупності - 0,32 роки, що є досить хорошим показником.

Отже, можна зробити висновок про те, що дана розробка є перспективною для впровадження у відповідне виробництво як з технічної, так і з економічної точки зору, що є хорошим показником для подальшого розвитку виробництва.

## РОЗДІЛ 2

## ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ КОРПУСУ 47.47.04

## 2.1. Попереднє визначення показників виробництва

В умовах ринкової економіки річна програма випуску виробу представлена такою формулою [2]:

$$N_{зан.} = N_{вип.} \cdot \left(1 + \frac{\alpha}{100} + \frac{\beta}{100} + \frac{\gamma}{100}\right),$$

де  $\alpha = 3 \dots 5$  - відсоток браку;

$\beta = 2 \dots 10$  – відсоток незавершеного виробництва;

$\gamma = 2 \dots 10$  – відсоток запасних частин;

$N_{вип.} = 70000$  шт.

$$N_{зан.} = 70000 \cdot \left(1 + \frac{4}{100} + \frac{5}{100} + \frac{5}{100}\right) = 79800 \text{ (шт.)}$$

На попередньому етапі проектування технології на підставі програми запуску встановлюємо, що тип виробництва може бути багатосерійним, що відповідає  $K_{з.} = 1 \dots 10$  [1].

Укрупнено визначаємо трудомісткість виготовлення корпусу [2]. Розрахунок наведено у додатку Б.

Визначаємо тип виробництва для заданої програми випуску деталі за коефіцієнтом закріплення операцій:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{14,91}{8} = 1,76.$$

Показники для розрахунку  $K_{з.о}$  наведені у таблиці 2.1, а їх розрахунок у додатку Б.

Таблиця 2.1 – Визначення кількості верстатів та операцій

Операція	$T_{ш-к}$ , хв	$m_p$ , шт.	P, шт.	$\eta_{з.ф.}$	O
010	4,832	1,851	2	0,925	1,62
015	0,595	0,228	1	0,228	3,28
020	0,69	0,264	1	0,264	2,84
025	0,978	0,383	1	0,383	1,95
030	1,674	0,641	1	0,641	1,17
035	0,905	0,344	1	0,344	2,18
045	1,04	0,398	1	0,398	1,88
$\Sigma$			8		14,91

Оскільки  $1 \leq K_{з.о.} = 1,76 \leq 10$ , то приймаємо багатосерійний тип виробництва.

На основі порівняння добового випуску ( $N_d=276$  штук) та добової продуктивності ( $Q_d=271$  хв) приймаємо поточну форму організації виробництва [2].

$$N_d > 0,6 \cdot Q_d, \quad 278 > 0,6 \cdot 271 = 162$$

Технологічний показник потокової форми організації виробництва такт випуску виробів [2]:

$$t_g = \frac{60 \cdot F_o}{N},$$

де  $F_o=4059$  год.;

$N$  - програма випуску.

$$t_g = \frac{60 \cdot 4059}{70000} = 3,48 \text{ хв.}$$

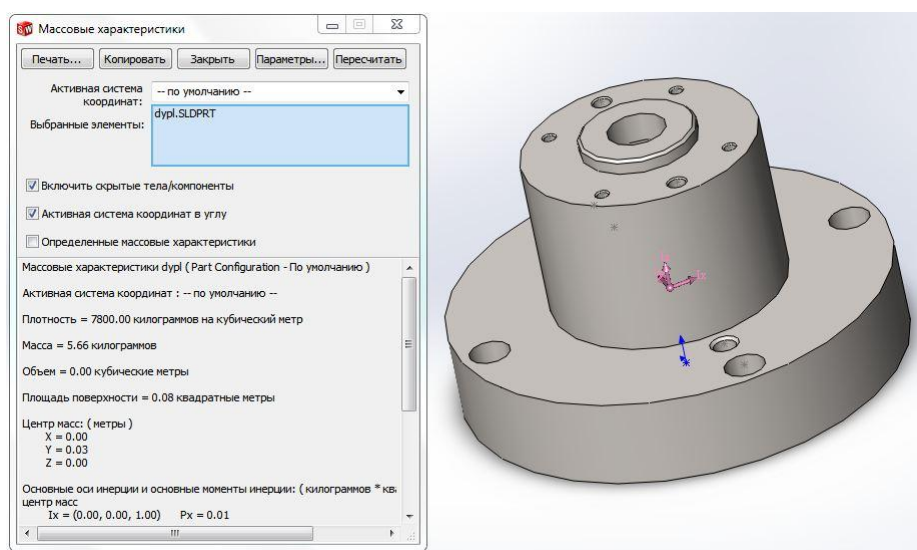
Отже, приймаємо багатосерійний тип виробництва з потоковою формою його організації.

## 2.2. Обґрунтування методу отримання заготовки. Розробка 3D моделі заготовки

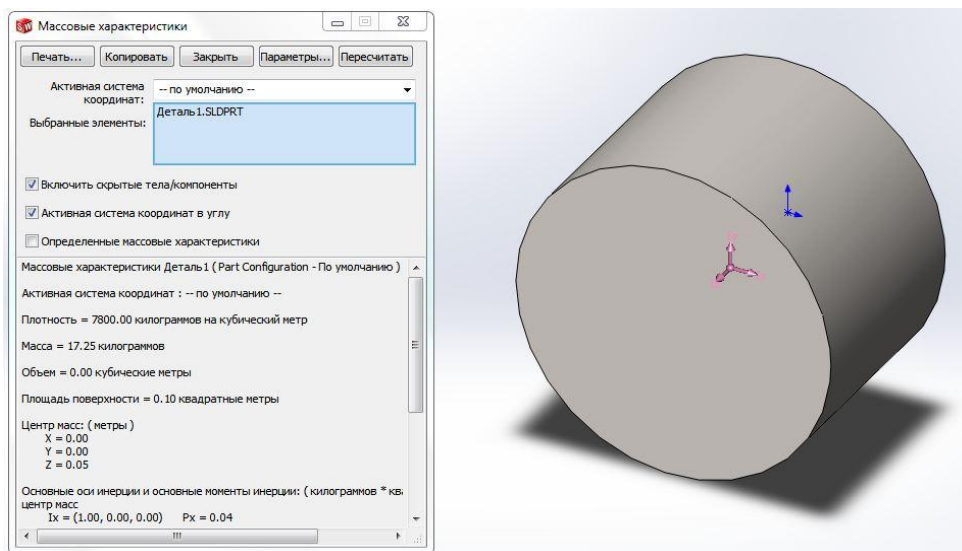
Для виготовлення деталі використана Сталь 35. Виходячи з цього найбільш вигідно використати штампування [6]. Для порівняння прийємо заготовку із прокату.

Масу деталі та заготовок визначаємо за допомогою SolidWorks:

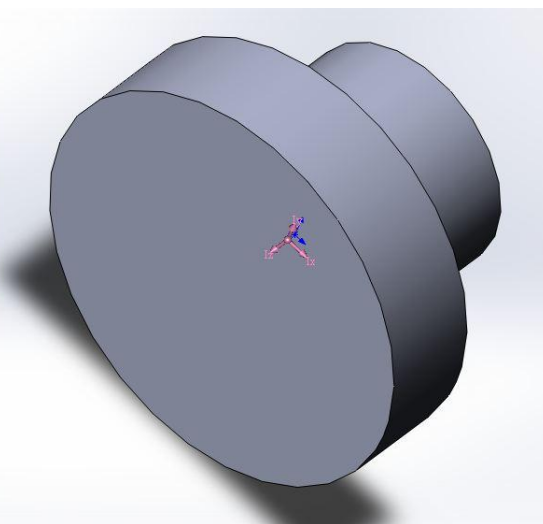
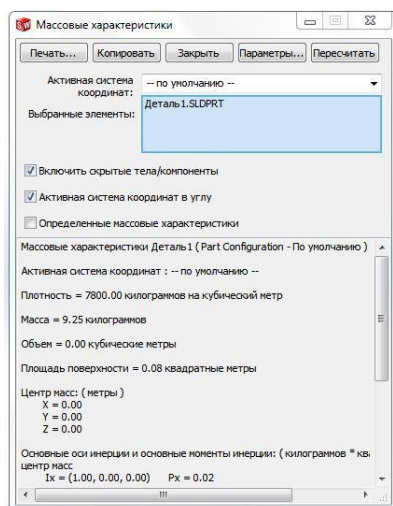
- Деталь  $M_d = 5,66 \text{ кг}$ .



- Заготовки з прокату  $M_z = 17,25 \text{ кг}$ .



- Заготовки штамповка  $M_s = 9,25 \text{ кг}$ .



Розрахуємо вартість двох методів отримання заготовки: кування в штампах та прокат [2].

Вартість заготовки з прокату визначається за формулою:  $S_{заг.} = M + \Sigma C_{o.3}$ ,

$$C_{o.3} = \frac{C_{пз} \cdot T_{шт}}{60 \cdot 100},$$

$$C_{пз} = 1629 \text{ коп} / \text{год},$$

$$C_{o.3} = \frac{1629 \cdot 10,2}{60 \cdot 100} = 1,54$$

$$M = Q \cdot S - (Q - q) \frac{S_{відх.}}{1000},$$

$$M = 17,25 \cdot 0,2 - (17,25 - 5,66) \frac{25}{1000} = 3,24$$

$$S_{заг.} = 3,24 + 1,54 = 4,78 \text{ грн.}$$

Вартість заготовки штамповки визначається за формулою:

$$S_{заг.} = \left( \frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot k_m \cdot k_c \cdot k_g \cdot k_m \cdot k_n \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{відх.}}{1000},$$

$$S_{заг.} = \left( \frac{373}{1000} \cdot 9,25 \cdot 1 \cdot 0,89 \cdot 1,21 \cdot 1 \right) - (9,25 - 5,66) \cdot \frac{250}{1000} = 3,13;$$

Економічний ефект за формулою  $E = (S_{заг1} - S_{заг2}) \cdot N$  становить 115500 грн.

Отже вибираємо метод отримання заготовки кування в штампах.

### 2.3. Технологічне обґрунтування баз для обробки

Розробка маршруту механічної обробки корпусу 47.47.04 проводили на основі вибору баз. На перших операціях оброблювали поверхні, які в надалі використовували за технологічні бази. Після виконання першої операції базування заготовки проводили за обробленою поверхнею.

Основною вимогою під час обробки для отримання вказаної точності є дотримання  $W_{\Sigma} < T_{обр.}$  (сумарна похибка обробки повинна бути меншою допуску на розмір). В загальному випадку похибки: очікувана обробки, налагоджуваного розміру, технологічної системи та встановлення вираховуються за формулами [2].

Розрахунки похибок обробки за операціями представлено у додатку Б.

### 2.4. Призначення припусків, режимів різання та технічної норми часу

Визначаємо припуски на механічну обробку за таблицями [7].

Таблиця 2.2 – Загальні припуски і допуски на оброблювані поверхні

Поверхня деталі	Клас точності розмірів	Степінь точності поверхні	Ряд припуску	Допуск розміру, мм	Спосіб кінцевої обробки	Значення припуску
1	5Т-11	9-16	1-3	3,6	чорнова	4
2	5Т-11	9-16	1-3	3,3	чистова	3,8
3	5Т-11	9-16	1-3	3,3	чорнова	4
4	5Т-11	9-16	1-3	3,6	чорнова	4
5	5Т-11	9-16	1-3	3,3	чорнова	4
6	5Т-11	9-16	1-3	2,8	чорнова	3,5

Значення режимів різання приймаємо за таблицями [8]

Таблиця 2.3 - Режими різання

№ операції	Назва операції	№ переходу	t, мм	S, мм/об або $S_z$ , мм/зуб	n, $xв^{-1}$	V, м / хв	$n_{\partial}$ , $xв^{-1}$	$V_{\partial}$ , м / хв	$N_{різ}$ , кВт	$T_{осн}$ , хв	Вибраний верстат
010	Токарно-гвинторізна	1	3,2	0,5	835	238	750	214	7,6	2,65	16К20
		2	3	0,5	997	235	1000	232	7,7	0,81	
		3	1,67	0,6	1173	228	1250	243	5,1	0,03	
		4	0,83	0,13	1769	344	2000	389	1,2	0,03	
		5	0,38	0,08	2135	393	2500	415	0,7	0,03	
		6	3	0,5	1192	232	1250	243	7,9	0,06	
015	Токарно-гвинторізна	1	1	0,2	733	27	750	26,8	1,5	0,01	16К20
		2	2,5	0,15	933	13,8	1000	14,2	0,7	0,3	
		3	1,5	0,2	795	18,6	1000	20,4	1,4	0,8	
		4	0,5	0,3	421	8,8	500	9,7	0,3	0,04	
020	Токарно-гвинторізна	1	2,5	1	416	196 2	500	236 2	8,3	0,07	16К20
		2	1,7	0,6	2410	28	2500	35	4,9	0,43	
		3	0,5	0,3	370	6,5	450	7,1	0,25	0,06	
025	Координатно-свердлильна	1	2,5	0,15	949	14,3	1000	15,5	0,4	0,16	2А430
		2	0,5	0,3	370	7,1	400	8,2	0,24	0,09	
		3	1	0,2	733	23	750	25,4	0,9	0,01	
		4	2,5	0,15	957	15,1	1000	15,9	0,8	0,18	
		5	1,5	0,2	831	28,4	1000	27,7	1,8	0,13	
		6	0,5	0,3	366	7,9	400	8,3	0,22	0,06	
		7	1	0,2	715	20	750	21,1	1,0	0,01	
030	Координатно-свердлильна	1	2,5	0,15	1103	18,3	1250	17,8	0,4	0,24	2А430
		2	1,5	0,2	872	30,2	1000	29,7	1,5	0,13	
		3	0,5	0,3	396	6,5	400	8	0,29	0,07	
		4	0,5	0,4	388	7,3	400	8	0,29	0,01	
		5	2,5	0,15	956	17,3	1000	18,9	0,5	0,55	
		6	2,5	0,2	1081	15,7	1250	16,5	0,6	0,28	
035	Радіально-свердлильна	1	1,5	0,2	733	14,7	750	15	1,5	0,01	2К52
		2	2,5	0,15	938	24	1000	23,6	0,5	0,69	
040	Плоскошліфувальна	1	0,5	0,25	960	38,2	1000	40	1,74	0,79	3Е711

Технічна норма часу визначена за методом джерела [2]. Розрахунок представлено у додатку Б.

Таблиця 2.5 - Нормування технологічного процесу [9]

№ Опе- рації	T <sub>о</sub> , хв	T <sub>д</sub> , хв.			T <sub>оп</sub> , хв.	T <sub>об.від</sub> , хв.	T <sub>шт</sub> , хв.
		T <sub>уст</sub> ,	T <sub>вим</sub> ,	T <sub>упр</sub> ,			
010	4,9	0,051	0,38	0,061	5,392	0,37	5,76
015	0,996	0,051	0,81	0,256	2,137	0,118	2,25
020	0,56	0,051	0,38	0,061	1,022	0,073	1,095
025	0,98	0,055	0,12	0,2	1,355	0,047	1,40
030	1,996	0,051	0,81	0,256	3,137	0,108	3,24
035	0,974	0,055	0,23	0,086	1,369	0,064	1,43
040	0,82	0,055	0,12	0,2	1,219	0,047	1,26

## 2.6. Висновки до 2-го розділу

В розділі виконане попереднє визначення типу , що відповідає багатосерійному з потоковою формою організації роботи . Такт випуску деталей попередньо становить – 3,48 хв/шт.

Розглянуто спосіб виготовлення заготовки - кування в штампах круглого профілю. Провівши розрахунки встановлено економічний ефект від методу отримання заготовки, що складає 115500 грн. Заготовка спроектована за допомогою SolidWorks2012. Виконано і розрахунково обґрунтовано технологічні бази.

Побудовано маршрут механічної обробки корпусу з використанням універсальних верстатів із оптимальною працездатністю виконання робіт з розробкою карти технологічного процесу. Для спроектованого технологічного процесу визначено проміжні припуски на обробку поверхонь, значення їх допусків. Проведено визначення режимів різання та технічної норми часу за допомогою табличного методу.

## РОЗДІЛ 3

## КОНСТРУЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ

## 3.1. Проектування верстатного пристрою для свердління

## 3.1.2 Структурна схема і принципу дії

Оскільки ми маємо справу з розробкою технологічного оснащення для багатосерійного виробництва, то необхідне оснащення, яке б дозволило знизити або по можливості усунути долю важкої, ручної і низькокваліфікованої праці, яка пов'язана з установкою і закріпленням деталі.

Проектуємо верстатний пристрій для свердління двох отворів  $\text{Ø}10\text{мм}$ . Пристрій встановлюється на радіально-свердлильному верстаті моделі 2К52 (операція 035).

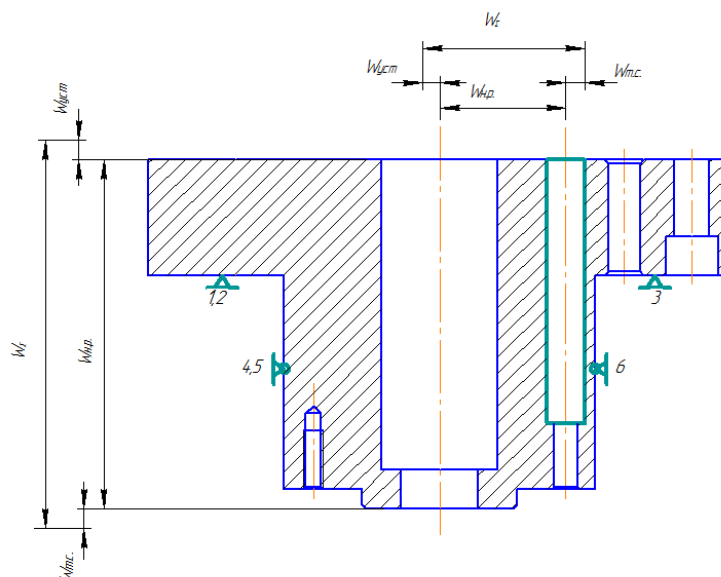


Рис. 3.1 - Схема базування деталі

## 3.1.2. Визначення параметрів приводу

На заготовку під час обробки діють сили обробки, об'ємні сили, сили випадкового та другорядного характеру, а також сили затиску і реакції елементів пристрою. В такому випадку заготовка має знаходитись в рівновазі. Всі перелічені

зусилля – величини векторні і мають свій напрямок та значення. Розрахунок сил затиску зводиться до розв’язування задач статичної рівноваги заготовки, що встановлені у пристрій, внаслідок дії прикладених до неї зусиль та моментів [10].

Вибравши спосіб встановлення заготовки та опорних елементів в пристрої визначаємо величину, місце прикладання і напрямок сил затиску. Після цього вибираємо тип силових приводів для переміщення затискних елементів. На основі цих даних складаємо схему взаємодії сил різання і сил затиску на заготовку, встановлену в пристрої (рис. 3.2). Розраховуємо силу затиску  $Q$  з врахуванням пружних характеристик затискного пристрою, що відноситься до другої групи.

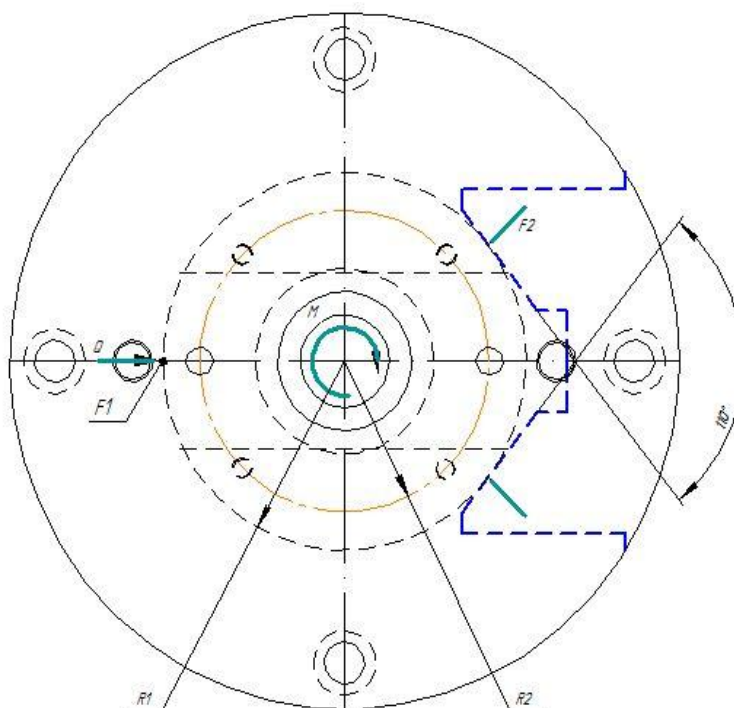


Рис. 3.2 - Взаємодія сил різання і сил затиску на деталь

Сила затиску розглядається з умови рівноваги заготовки з врахуванням коефіцієнта запасу  $k$ . Таким чином сила затиску буде обчислюватися за формулою [11]:

$$Q = \frac{k \cdot M_{кр} - P \cdot f_2 \cdot r_2}{f_1 \cdot r + f_2 \cdot r / \sin(\alpha/2)}$$

де  $P=916 \text{ Н}$  – сила різання;

$f_1 = f_2 = 0,15$  - коефіцієнти тертя;

$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6$  - коефіцієнт запасу,

де  $k_0 = 1,5$  - гарантований коефіцієнт запасу;

$k_1 = 1,2$  - коефіцієнт, що враховує збільшення сил обробки під час затуплення інструменту;

$k_2 = 1,2$  - коефіцієнт, що враховує нерівномірність сил різання внаслідок коливання припуску для чорнової обробки;

$k_3 = 1$  - коефіцієнт, що враховує зміну сил обробки під час перервного різання;

$k_4 = 1$  - коефіцієнт, що враховує непостійність сил, які розвивають приводи;

$k_5 = 1$  - коефіцієнт, що враховує непостійність сил, які розвиваються пристроями з ручним приводом;

$k_6 = 1,5$  - коефіцієнт, що враховує невизначеність положення місць контакту заготовки з установочними елементами і зміну моментів кручення.

Тоді  $k = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,5 = 3,24$ .

$r_1 = 0,04 \text{ м}$ ;  $r_2 = 0,0325 \text{ м}$ .

Сила затиску становить:

$$Q = \frac{3,24 \cdot 5,52 - 916 \cdot 0,15 \cdot 0,0325}{0,15 \cdot 0,04 + 0,15 \cdot 0,04 / \sin(110/2)} = 1346 \text{ Н}.$$

Для забезпечення затиску деталі з силою  $Q=1346 \text{ Н}$  вибираємо пневматичні лещата односторонньої дії.

В якості приводу застосуємо пневмокамеру. Розрахуємо параметри пневмокамери.

Діаметр діафрагми пневмокамери знаходимо за формулою [11]:

$$Q = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot p \cdot \eta,$$

де  $Q=1346H$  – сила затиску;

$p=0,6MPa$  – тиск стисненого повітря;

$\eta=0,9$  – ККД, що враховує втрати в пневмоприводі.

Звідси отримаємо:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot W}{\pi \cdot p \cdot \eta}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1346}{3,14 \cdot 6 \cdot 10^5 \cdot 0,9}} = \sqrt{0,003} = 0,074m = 74mm.$$

Отже, для забезпечення необхідної точності затиску вибираємо пневмокамеру за ДСТУ 8707:2017:

- діаметр поршня  $D=80mm$ ;
- діаметр шпильок  $d= M10mm$ ;
- кількість шпильок 4;
- діаметр штоку  $d= 25 mm$ ;
- діаметр різьби на штоці  $d2=M20 \times 1,5mm$ .

Остаточно розрахуємо сили на штоці пневмокамери односторонньої дії:

- штовхаюча сила:

$$P_{ш} = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot p \cdot \eta = \frac{\pi}{4} \cdot 0,08^2 \cdot 6 \cdot 10^5 \cdot 0,9 = 1696,8 \approx 1700H > 1124H$$

- тяглова сила:

$$P'_{ш} = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \cdot p \cdot \eta = \frac{3,14}{4} \cdot (0,8^2 - 0,25^2) \cdot 4 \cdot 10^5 \cdot 0,9 = 1649H.$$

Необхідне зусилля досягнуто.

### 3.1.3. Розрахунок на точність

Розрахунок похибки  $\varepsilon_{np}$  зводиться до віднімання з допуску виконуваного розміру всіх інших складових загальної похибки обробки [11]:

$$\varepsilon_{np} \leq \delta - k_T \sqrt{(k_{T1} \cdot \varepsilon_{\delta})^2 + \varepsilon_s^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_u^2 + \varepsilon_n^2 + (k_{T2} \cdot \omega)^2};$$

$\delta = 0,12$  - допуск при обробці розміру заготовки (за 11 квалітетом);

$k_T = 1 \dots 1,2$  - коефіцієнт відхилення розсіювання значень складових величин від закону нормального розподілу. Приймаємо  $k_T = 1,1$  [12].

$k_{T1} = 0,8 \dots 0,85$  - коефіцієнт, що враховує зменшення граничного значення похибки базування під час роботи на налагоджених верстатах. Приймаємо  $k_{T1} = 0,82$ . [12]

$k_{T2} = 0,6 \dots 0,8$  - коефіцієнт, що враховує долю похибки обробки в сумарній похибці, яка викликана факторами, що не залежать від оснастки. Приймаємо  $k_{T2} = 0,7$ . [12]

$\omega = 100 \text{ мкм} = 0,1 \text{ мм}$  - економічна точність обробки, приймається за таблицями [2].

$\varepsilon_6 = 0,015 \text{ мм}$  - похибка базування [2].

$\varepsilon_3 = 0,02 \text{ мм}$  - похибка закріплення. Заготовка встановлюється на установочні елементи. Затиск поверхонь здійснюється за допомогою пневматичного приводу [2].

$\varepsilon_y = 0,01 \text{ мм}$  - похибка установки пристрою на верстаті [2].

Похибка від перекосу інструменту:

$$\varepsilon_n = \frac{2s_1 \cdot 0,3d}{l - 0,3d} = \frac{2 \cdot 0,05 \cdot 0,3 \cdot 10}{14 - 0,3 \cdot 5} = 0,024 \text{ мм};$$

де  $l$  - довжина направляючого елемента (кондукторної втулки), мм;

$s_1$  - односторонній максимальний радіальний зазор між деталлю і свердлом, мм;

$d$  - діаметр свердла, мм.

Похибка, яка характеризує знос робочої поверхні опор під час виконання даної програми випуску:

$$\varepsilon_u = \beta_2 \cdot N = 0,002 \cdot 70000 = 0,14 \text{ мм},$$

де  $\beta_2$  - коефіцієнт, який залежить від виду опорних елементів. Для опорних пластин і циліндричних пальців приймаємо  $\beta_2 = 0,002$ .

$N = 70000$  - річна програма випуску.

Отримуємо значення:

$$\varepsilon_{np} \leq 0,12 - 1,1 \cdot \sqrt{(0,82 \cdot 0,015)^2 + 0,02^2 + 0,01^2 + 0,14^2 + 0,024^2 + (0,7 \cdot 0,1)^2} = 0,012 \text{ мм},$$

що відповідає заданим умовам.

### 3.1.4. Загальний опис конструкції та принципу дії

Для закріплення заготовки використовуються пневматичні лещата (рис. В.1), які встановлюються на столі радіально-свердлильного верстата моделі 2К52. Лещата функціонують наступним чином: під час подачі стисненого повітря в нижню частину пневмокамери гумова діафрагма піднімає шток 7 пневмокамери вгору і важіль 9, обертаючись навколо своєї горизонтальної осі, переміщує повзун 8 з рухомою губкою 11 вліво, і заготовка, яка розташовується між губками 11 (нерухомою та рухомою) стискається. Коли тиск падає в пневмокамері пружина 6 переміщає повзун вправо і розтискає заготовку.

Після закінчення обробки і відводу інструмента, рукоятка знову повертається вправо і заготовка розтискається. Система затискного приспособлення відводиться вверх. Оброблена заготовка виймається з пристрою.

## 3.2. Проектування контрольного пристрою

Точність контрольного пристрою залежить від точності елементів: вимірювальних головок, штативу і опорних плит, на які встановлюється деталь. Оскільки плита має дуже малу шорсткість поверхні, тому похибкою розміщення на цій плиті нехтуємо.

Тоді, похибка вимірювання буде рівна:

$$\varepsilon_g = \sqrt{\varepsilon_z + \varepsilon_{ш}} = \sqrt{0,001^2 + 0,004^2} = 0,004 \text{ мм};$$

$\varepsilon_z = 0,001 \text{ мм}$  – похибка вимірювальної головки;

$\varepsilon_{ш} = 0,004 \text{ мм}$  – похибка штативу.

Похибка вимірювання не впливає на кінцевий результат процесу вимірювання.

Контрольний пристрій призначений для перевірки допуску радіального биття внутрішнього отвору деталі відносно осі отвору (рис. В.2). Контрольний пристрій складається з корпусу 1, до якого кріпиться стійка 4 гайками 15. Вона з'єднана з штативом 5, на якому закріплений індикатор 9. Деталь базується на установочному пальці. Закріплення деталі здійснюється за допомогою пневмокамери 3, в яку через підвід 8 поступає стиснуте повітря. Робочий тиск в пневмокамері становить 0,4 МПа. Під час перевірки допуску радіального биття внутрішнього отвору деталі відносно осі отвору, деталь обертається за допомогою кулькових радіальних підшипників 19. Відстань від головки індикатора до поверхні, яка контролюється, регулюється гвинтом 12. Ціна поділки індикатора становить 0,001мм. Контрольований параметр не повинен перевищувати 0,02мм.

### 3.3. Проектування спеціальної зенківки

З метою скорочення часу, який затрачається на виготовлення деталі, доцільно використовувати спеціальні ріжучі інструменти. В якості спеціального інструменту використаємо торцеву зенківку (рис. В.3).

Проведемо розрахунок торцевої зенківки [13].

1. Діаметр зенківки за ДСТУ ISO 15065:2009  $D = 14_{-0,05} \text{ мм}$ .

2. Режими різання за нормативами:

а) подача  $s = 0,1 \text{ мм / об}$ .

б) швидкість головного руху  $V = 20 \text{ м / хв}$ .

3. Осьова складова сили різання:

$$P_o = 9,81 \cdot C_p \cdot D^x \cdot s^y \cdot K_{MP};$$

За нормативами  $C_p = 68$ ;

$$K_{MP} = \left( \frac{\sigma_6}{750} \right)^{0,75} = \left( \frac{450}{750} \right)^{0,75} = 0,682;$$

$$P_o = 9,81 \cdot 68 \cdot 14 \cdot 0,15^{0,7} \cdot 0,682 = 1603 \text{ Н};$$

4. Крутний момент:

$$M_{кр} = 9,81 \cdot C_M \cdot D^z \cdot s^y \cdot K_M;$$

За нормативами  $C_M = 0,0345$ ;  $z = 2$ ;  $y = 0,8$ .

$$M_{кр} = 9,81 \cdot 0,0345 \cdot 14^2 \cdot 0,15^{0,8} \cdot 0,682 = 6,9 \text{ Нм} \approx 6900 \text{ кгс} \cdot \text{мм}.$$

5. Параметри робочої частини зенківки: задній кут  $\alpha = 10^0$ ; передній кут  $\gamma = 0$ ; кут в плані  $\varphi = 60^0$ .

6. Зворотня конусність зенківки на 100мм складає 0,03мм.

7. Ширину стрічки  $f_o = 0,7 \text{ мм}$ ; і висота затилування по спинці  $K = 0,2 \text{ мм}$ .

8. Ширина ріжучої крайки:

$$B = 0,35 \cdot D = 0,35 \cdot 14 = 4 \text{ мм}.$$

9. Номер конуса Морзе хвостовика. Середній діаметр конуса хвостовика визначимо з формули:

$$d_{cp} = \frac{6 \cdot M_{кр} \cdot \sin \theta}{\mu \cdot P_o \cdot (1 - 0,04 \Delta \theta)},$$

де  $M_{кр} = 6,9 \text{ Нм}$  - момент опору сил різання;

$P_o = 1603 \text{ Н}$  - осьова складова сили різання;

$\mu = 0,096$  - коефіцієнт тертя сталі по сталі;

Кут  $\theta = 1,5^0$ ;  $\sin 1,5^0 = 0,02618$ ;  $\Delta \theta = 5'$  - відхилення кута конуса.

$$d_{cp} = 4,4 \text{ мм}$$

По ISO 296 вибираємо конус Морзе 1. Довжину хвостовика  $l_x = 59,5 \text{ мм}$ .

10. Довжину інструменту  $L = 155 \text{ мм}$ , а довжина робочої частини зенківки –  $l = 14,2 \text{ мм}$ .

Твердий сплав пластини для обробки конструкційної сталі приймаємо марки [HS123](#). Для корпуса інструмента приймаємо сталь 41Cr4 DIN EN 10083. Радіальне биття робочої частини інструмента відносно осі хвостовика не повинно перевищувати 0,15мм.

### 3.4. Висновки до 3-го розділу

В результаті виконання даного розділу розроблено складальне пристосування для операції 035 свердлильної (обробка двох отворів  $\varnothing 10\text{мм}$ ), що виконується на верстаті моделі 2К52.

Результати виконання проектування пристосування:

- вибрано оптимальну схему базування деталі;
- розроблена конструкція пристосування;
- розраховані параметри приводу;
- проведено конструкторський аналіз пристрою;
- на основі отриманих даних в якості привода вибрано пневмокамеру з наступними параметрами: діаметр поршня  $D=80\text{мм}$ ; діаметр штока  $d=25\text{мм}$ ; сила затиску  $Q=1346\text{ Н}$ ;
- встановлено, що пристрій забезпечує необхідну точність обробки, оскільки сумарні похибки пристрою значно менші допуску на розмір оброблювальних поверхонь.

Спроектовано:

- контрольний пристрій для перевірки допуску радіального биття внутрішнього отвору  $\varnothing 20^{+0,021}$  деталі відносно осі отвору;
- спеціальний ріжучий інструмент - торцеву зенківку для обробки 4-х отворів  $\varnothing 14_{-0,05}$  мм для свердлильній операції, що виконується на верстаті моделі 2К52.

## РОЗДІЛ 4

ПІДВИЩЕННЯ ТРИБОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЕЛЕМЕНТІВ  
ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ

## 4.1. Аналіз факторів, що впливають на зношування деталей

. На даний час розглядаються питання, пов'язані із процесом взаємодії поверхонь, що контактують в процесі їхнього взаємного переміщення. Створення і підбір триботехнічних пар базуються на вирішенні взаємопов'язаних задач на основі вивчення механіки тертя і фізико-хімічних явищ, що проходять на поверхні [14], [15].

Контакт взаємодії твердих тіл спостерігається лише в окремих зонах, розміри і густина розміщення яких залежать від величини прикладеного навантаження, а також від напружено-деформованого стану контактів. Ці контакти залежать від геометричної форми мікронерівностей і механічних властивостей поверхневого шару. Сумарна площа контактів мікро-нерівностей утворює фактичну площу дотику взаємодіючих тіл, яка впливає на виникнення високих напруг. Ковзання супроводжується інтенсивним деформуванням поверхневих шарів контактуючих тіл [16]. На ранній стадії досліджень зовнішнє тертя пояснювали механічним зачепленням між мікронерівностями спряжених поверхонь. В результаті поглибленого вивчення будови твердого тіла встановлено молекулярну взаємодію під час зовнішнього тертя. Найбільш повний опис процесу зовнішнього тертя пояснюють дві теорії тертя: молекулярно-механічна і адгезійно-деформаційна [17].

Накопичені наукові дані в області трибології показують, що процес тертя охоплює фізичні, хімічні і механічні явища. Тому процес тертя можна представити як три послідовних, взаємопов'язаних етапи, а саме: взаємодія поверхонь; зміна поверхневих шарів в результаті взаємодії; руйнування поверхонь внаслідок двох попередніх етапів [16-19].

Крім деформаційного руйнування поверхневого шару існують інші явища, що супроводжують процес тертя. Зокрема окислення поверхні матеріалу, що обумовлює протікання найбільш розповсюдженого при нормальній роботі вузла тертя окислювального зношування. Механізм окислювального зношування у випадку тертя матеріалів на залізній основі полягає в неперервному утворенні і руйнуванні шарів твердих розчинів кисню в залізі і шарів різного типу хімічних сполук кисню із залізом [20]. В роботах [20, 21] вивчалось протікання окислювальних реакцій і склад плівок, що утворилися в результаті тертя. Плівки характеризувалися шаровою структурою і високою твердістю (до 11000 МПа). Оксиди кремнію, карбіди кремнію та бору, що входять до складу матеріалів, перешкоджають зриванню плівок.

Робочий шар складається із проміжного шару і поверхневих шарів матеріалів, що мають змінені структуру і хімічний склад [20, 21]. Такі тонкі поверхневі плівки утворюються при високих ступенях деформації. У поверхневому високодеформованому шарі, товщиною до 10 мкм з постійним рівнем напруження, часто спостерігаються фрагментовані структури. Процес нормального тертя і зношування без пошкоджень зумовлений збереженням цієї стабільної структури, здатної квазіпружно сприймати зміни навантаження [20].

Великий вплив на утворення і властивості робочого шару на поверхнях пари тертя мають дифузійні процеси. Вони протікають в найтонших шарах під впливом локально високих температур, тиску, деформацій, що виникають під час тертя. Реалізуються такі процеси з великими швидкостями і можуть призводити до суттєвих змін хімічного складу поверхневих шарів і перерозподілу елементів у них. Хімічний склад змінюється в результаті взаємодії матеріалу пари тертя із змащенням і повітрям або іншим навколишнім середовищем.

Тертя є динамічним процесом, при якому протікають різні фізико-хімічні явища, що супроводжуються утворенням так званих вторинних структур, властивості яких відрізняються від властивостей початкових матеріалів. Утворення вторинних структур можна уявити як процес аморфізації і механо-

хімічного легування поверхневого шару. Цей процес включає такі явища: диспергування матеріалу поверхонь тертя, подрібнення дисперсоїду із частинками оксидів, графіту та інших речовин, що входять у матеріал у вигляді присадок. Характер і властивості вторинних структур, що виникають безпосередньо в процесі роботи, мають вирішальний вплив на зносостійкість пари тертя.

В результаті контактування можливе захоплення твердих тіл під дією молекулярних сил. При цьому утворюються міцні металічні зв'язки в зонах безпосереднього дотикання контактуючих матеріалів. Сучасні уявлення про захоплення під час тертя пов'язують із дислокаційними процесами [22]. У разі тертя зі змащенням може виникнути явище вибіркового переносу елементів. В цьому випадку активний компонент змащення хімічно реагує тільки із активними ділянками поверхні. У разі вибіркової адсорбції проходить вибіркоче розчинення легуючого компонента, на місці атомів якого виникають вакансії. В результаті на поверхні утворюється плівка, збагачена вакансіями. Під час її деформування вакансії рухаються назустріч дислокаціям і частково анігілюють з ними. Велика частина дислокацій виходить на поверхню, несучи із собою атоми, які на поверхні набувають вільні зв'язки і легко вступають у хімічні реакції, утворюючи захисний шар.

Викладені уявлення про подвійну природу тертя твердих тіл і про процеси, що його супроводжують, дозволяють назвати основні фактори впливу на зносостійкість трибопари. Це хороший тепловідвід, сумісність матеріалів, що складають пару тертя, еволюція структури і властивостей, здатність зберігати пружний контакт, наявність градієнта зсувного опору, наявність або відсутність вторинних структур, що формуються під час тертя, параметри характеристики міцності матеріалів.

#### 4.2. Забезпечення підвищення трибологічних характеристик проектування технологічного оснащення

В загальній теорії тертя та зношування актуальною є проблема трибологічної надійності (зносостійкості) робочих поверхонь ріжучих інструментів, враховуючи важкі умови роботи по режимах і схемах обробки, оброблюваному матеріалу, вимоги до параметрів точності та якості оброблених поверхонь. З точки зору конструктора, експериментатора повинні бути сформульовані основні закономірності процесу зношування, які характеризують елементарний знос, виявити синергетику впливу основних зовнішніх факторів і швидкість їх протікання, а також внутрішню еволюцію трибосистеми. У зв'язку із складністю розглядуваної задачі теоретичне її вирішення на даний час поступається по надійності експериментальним даним [23].

З точки зору конструктора, експериментатора на перший план виходять феноменологічні зв'язки між параметрами зовнішньої дії (режими різання, умови змащення, температура) та інтенсивністю зношування ріжучого інструменту в умовах експериментальних та експлуатаційних досліджень, де відтворюються особливості даної пари тертя (свердло-оброблюваний отвір). Враховуючи специфіку процесів свердління під час конструювання відповідного оснащення необхідно враховувати і аналізувати перехідні процеси тертя різання, які визначаються такими факторами: мікроприпрацювання, макроприпрацювання, самоорганізація. З метою скорочення часу перехідних режимів, зменшенню початкової швидкості зношування свердел запропоновано наступні конструкторсько-технологічні заходи:

- 1) оптимізація технологічного процесу обробки отворів свердлінням, яка забезпечує оптимальну шорсткість і направленість слідів обробки;

- 2) вибір оптимальної конструкції кондукторів для свердління отворів;

3) надання робочим поверхням свердел форми природного зносу, визначення цих форм для різних схем свердління, оброблюючих матеріалів, режимів обробки [24, 25].

Розробленню конструкцій кондукторів для свердління отворів у деталях машин при їх виготовленні і відновленні присвячено багато праць, тим більше, що кондуктори використовують на кожному підприємстві машинобудування. У роботах професорів Костецького Б.І. і Крагельського Н.В. подані методики розрахунку надійності й довговічності деталей тертя загального призначення. У роботі [26] йдеться про стаціонарні кондуктори, розраховані для багатосерійного і масового виробництва, які не є гнучкими, що важливо в умовах сучасного виробництва. У джерелах [10,11] проведено розрахунок кондукторів на точність, але не враховано зношення однієї із найважливіших частин – кондукторної втулки. Крім того, мало уваги приділено обертовим кондукторним втулкам, як самим надійним і довговічним.

У магістерській роботі проведено дослідження розробленої конструкції накладного переналагоджувального кондуктора (рис. 4.1.) [27] для виготовлення отворів у деталях типу круглий корпус.

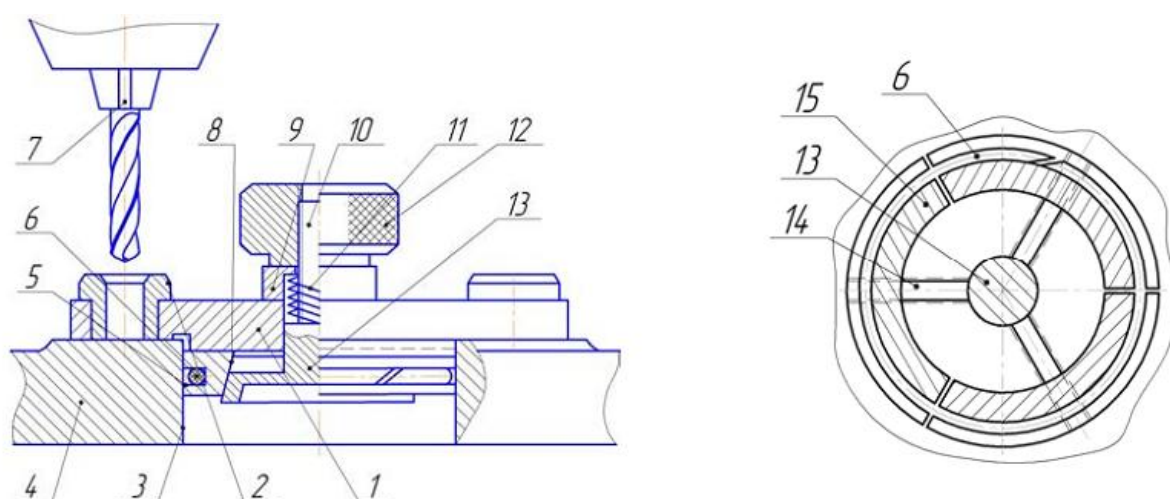


Рис. 4. 1 – Накладний переналагоджувальний сверлильний кондуктор

Робота накладного кондуктора описана у додатку Г. До переваг кондуктора відноситься - підвищення точності базування кондуктора і обробки

деталей. Друга конструкція переналагоджуваного свердлильного кондуктора представлена на рис. 4.2, а її опис у додатку Г.

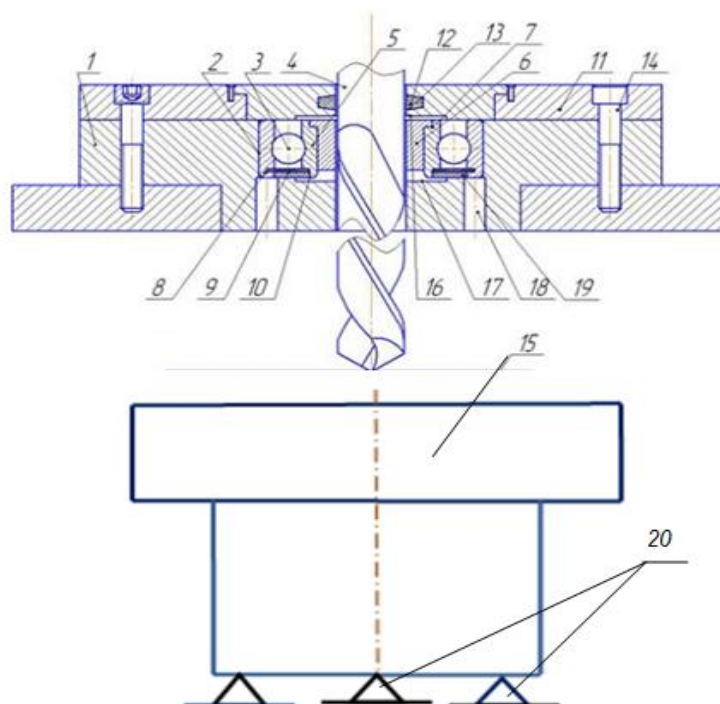


Рис. 4. 2. – Кондукторна плита із обертовою втулкою [28]

Робота переналагоджувального свердлильного кондуктора здійснюється відомим способом. Заготовка 15 встановлюється на опорні бази 20 і закріплюється. Для забезпечення змащення в зону кульок підводиться мастило через маслянку, яка на кресленні не показана.

Під час свердління отворів свердло і втулка контактно взаємодіють. Використання стаціонарних нерухомих кондукторних втулок призводить до того, що поверхні втулок зношуються внаслідок обертового і лінійного руху вздовж них свердла. Під час використання обертових втулок на підшипниках контактна поверхня втулок зношується в основному – через лінійне переміщення свердла.

#### 4.3. Визначення величини зношування кондукторних втулок

Величину зношування втулок для даних умов визначають інтенсивністю зношування  $k$ , яка залежить від матеріалу втулки та свердла, їхньої твердості, шорсткості поверхонь, використання змащувально-охолоджуючі

рідини (ЗОР) та інше за методою джерела [29], що представлена у додатку Г. Інтенсивність зношування визначаємо експериментально.

Проведемо розрахунок для запропонованих варіантів конструкцій накладного кондуктора для обробки на спроектованому пристрої двох отворів Ø10мм.

Зношування для обертових втулок:  $h_1=0,242 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 70000=33,869$  мкм

Шлях контакту між обертовою втулкою і свердлом

$$l_1=1,2 \cdot 114 (1+0,4)=242 \text{ мм} = 0,242\text{м}$$

$$H=44+2+68=114 \text{ мм} = 0,114\text{м}$$

Зношування для нерухомих втулок:  $h_2=1,049 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 70000=146,821$  мкм

Шлях контакту між нерухоною втулкою і свердлом

$$l_2 = 0,114 \cdot \left( \frac{1}{0,00015} \sqrt{4\pi^2 \cdot 0,005^2 + 0,00015^2} + \frac{0,4}{0,00015} \sqrt{4\pi^2 \cdot 0,005^2 + 0,00015^2} \right) = 1,049066\text{м}$$

Коефіцієнт зменшення зношення обертових втулок порівняно із нерухомими

$$k_n = \frac{1,2(1+0,4) \cdot 0,9}{\frac{1}{0,00015} \sqrt{4 \cdot \pi^2 \cdot 0,005^2 + 0,00015^2} + \frac{0,4}{0,00015} \sqrt{4 \cdot \pi^2 \cdot 0,005^2 + 0,00015^2}} = 0,17$$

Таким чином як видно з розрахунків зношування обертових втулок майже у 4 рази менше ніж зношування для нерухомих втулок.

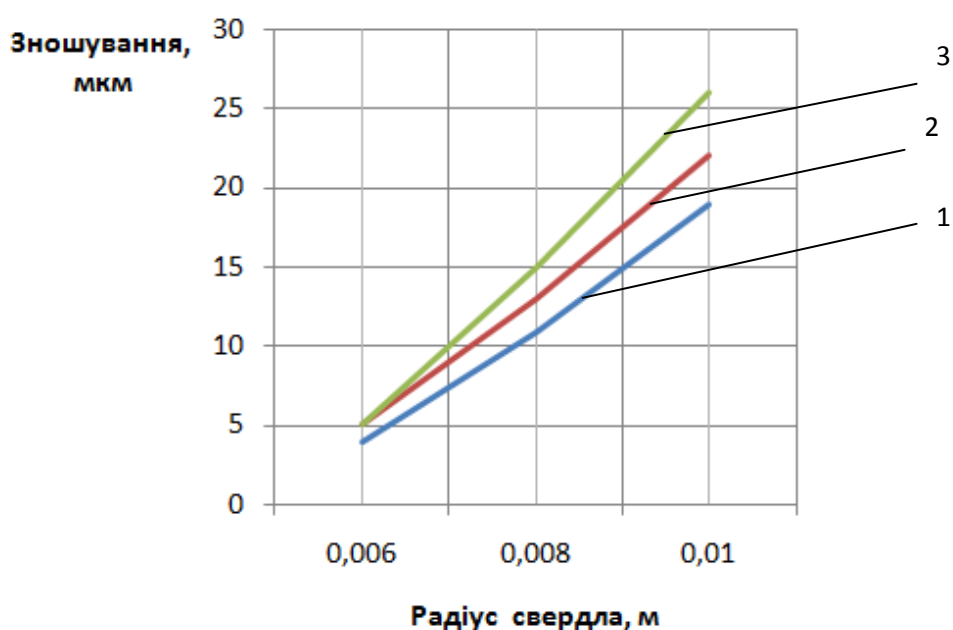
#### 4.4. Експериментальні дослідження зношування кондукторних втулок

Дослідження проводили для обробки отворів у зразках із сталі 35 DIN2391-1. Оброблялися отвори Ø6, Ø8 та Ø10мм. Заготовки закріплювалися у пристрої лещата пневматичні спеціальної конструкції (див. рис. В.1) за схемою встановлення рис. 3.1. Обробку проводили на радіально-свердлильному верстаті

моделі 2К52, що має найбільше зусилля подачі - 500Н; найбільший крутний момент - 90Нм; потужність головного привода – 1,5кВт.

Свердління виконувалося з використанням накладних кондукторних плит із нерухомою та обертовою кондукторними втулками.

Під час проведення свердління отворів із різними радіусами свердла встановлено, що із збільшенням радіусу обробки отвору величина зношення нерухомої втулки зростає. Графік залежності величини зношення нерухомої втулки від радіуса робочого свердла показано на рис. 4.3.



1 –  $S=0,1$  мм/об; 2 –  $S=0,2$  мм/об; 3 –  $S=0,3$  мм/об

Рис. 4.3 – Графік залежності величини зношення нерухомої втулки від радіуса свердла

Також досліджувався вплив режимів обробки на величину зношення втулки. Так, встановлено, що внаслідок зменшення величини подачі обробки - зношення втулки зменшується.

На величину зношування кондукторної втулки мають вплив її геометричні параметри, зокрема висота. В разі збільшення висоти втулки величина зношення обертової втулки зростає.

Кількість оброблювальних заготовок також впливає на процеси зношення кондукторних втулок. На рис. 4.4 представлено графік залежності величини зношення обертової втулки і нерухомої втулки від кількості деталей в партії. Згідно графіка робимо висновок, що при збільшенні кількості деталей в партії величина зношення втулок зростає, однак зношення обертової втулки значно менше ніж нерухомої. Експериментальні дані підтверджують правильність проведених теоретичних розрахунків.

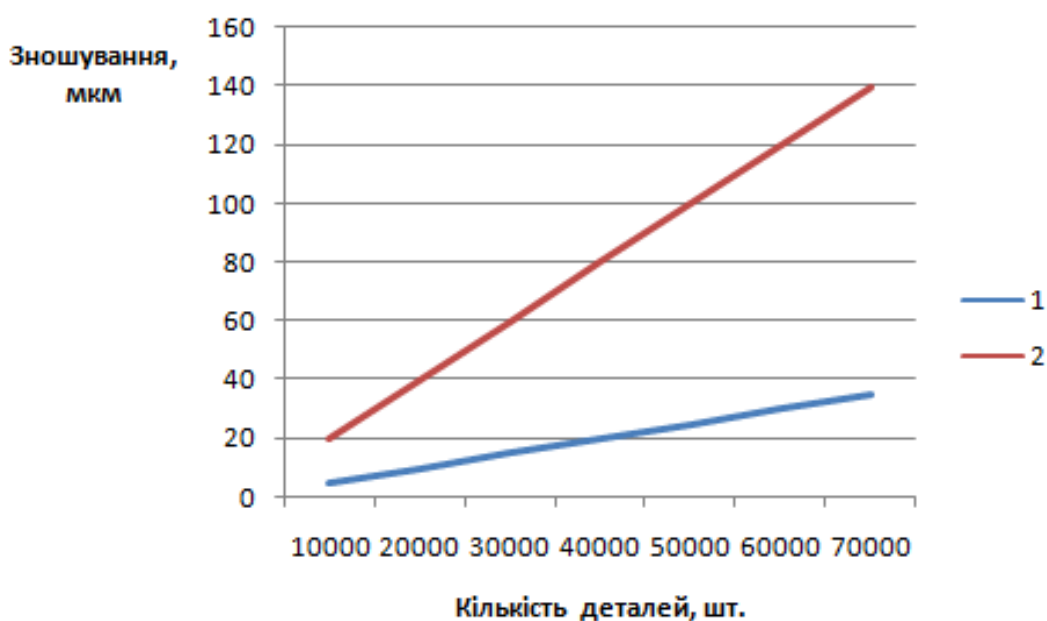


Рис. 4.4 – Графік залежності величини зношення втулки від кількості деталей у партії: 1- для обертової втулки, 2 – для нерухомої втулки

#### 4.4. Висновки до 4-го розділу

В розділі проведено аналіз факторів, що впливають на зношування деталей на основні якого визначено їх вплив на зносостійкість трибопари. Зокрема тепловідвід, сумісність матеріалів, що складають пару тертя, еволюція структури і

властивостей, здатність зберігати пружний контакт, наявність градієнта зсувного опору, наявність або відсутність вторинних структур, що формуються під час тертя, параметри характеристики міцності матеріалів.

Встановлено, що зношування є актуальною проблемою трибологічної надійності (зносостійкості) робочих поверхонь ріжучих інструментів, враховуючи важкі умови роботи за режимами і схемами обробки, матеріалу заготовки, вимог до параметрів точності та якості оброблюваних поверхонь. Тому з метою зменшення початкової швидкості зношування свердел запропоновано конструкторсько-технологічні заходи, щодо вибору оптимальної конструкції кондукторів для свердління отворів на основі порівняння кондукторів із стаціонарними та обертовими втулками.

Встановлено, що використання стаціонарних нерухомих кондукторних втулок призводить зношення поверхні втулок у наслідок обертового і лінійного руху по них свердла. Під час використання обертових втулок на підшипниках контактна поверхня втулок зношується в основному – через лінійне переміщення свердла.

Перевагами кондукторної плити є простота конструкції, можливість переналагодження на свердління інших діаметрів у заготовках, зменшення сил тертя свердла з кондукторною втулкою через підшипник і систему осьового змащення, відповідно збільшення точності оброблювальних отворів і зменшення енерговитрат та спрацювання свердел і кондукторних втулок.

Досліджено вплив технологічних параметрів процесу свердління і конструктивних параметрів втулки на величину її зношування. Проведено порівняльний аналіз застосування обертових кондукторних втулок і нерухомих кондукторних втулок. Визначено величину зношування, що для обертових втулок майже у 4 рази менша ніж для нерухомих.

Під час проведення експериментів встановлено:

- із збільшенням радіусу обробки отвору величина зношення нерухокої втулки зростає;

- вразі зменшення величини подачі обробки величина зношення втулки зменшується;
- при збільшенні висоти втулки величина зношення обертової втулки зростає;
- при збільшенні кількості деталей в партії величина зношення втулок зростає, однак зношення обертової втулки майже у 3 рази менше ніж нерухомої. Тому їх доцільно використовувати для великої партії деталей.

На основі проведених досліджень зроблено висновки про доцільність використання конструкції накладного переналагоджувального свердлильного кондуктора із кондукторною плитою, що має обертові втулки на базі радіальних підшипників для свердління отворів і системою змащення для осьових переміщеннях.

## РОЗДІЛ 5

ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ  
ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ КОРПУСУ 47.47.04

## 5.1. Кошторис капітальних витрат технологічного процесу

Капітальні вкладення на розробку нового технологічного процесу, в загальному випадку, складаються з відповідних витрат і розраховують за методом джерела [30], що представлена у додатку Д.

Витрати на основну заробітну плату розробників наведені у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Витрати на заробітну плату розробників

Найменування посади	Місячний посадковий оклад, грн	Оплата за робочий день, грн	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн.
Керівник проекту Інженер-технолог	12000	520	23	101920
Технік	6000	320	16	5120
Всього				107040

Додаткова заробітна плата розробників:  $Z_{\delta}=107040 \cdot 0,1=10704$  грн.

Нарахування на заробітну плату розробників:

$$Z_{H}=(107040+10704) \cdot 0,4=47098 \text{ грн}$$

Балансову вартість нового обладнання  $V_{обл}=394800$  грн (див. табл. 1.4) .

Затрати на перевезення:  $V_{пер}=394800 \cdot 0,1=39480$  грн.

Вартість спеціальних пристосувань:  $V_{cn.пр.}=394800 \cdot 0,25=98700$  грн.

Величина передвиробничих витрат:  $V_{не}=0,1 \cdot 394800=39480$  грн

Величина оборотних засобів:  $V_{оз} = 1,5 \cdot 70000 \cdot 9,25 \cdot 16,78 \cdot 1 = 16297575$  грн

Капітальні вкладення на розробку нового технологічного процесу:

$$K = 17022227 \text{ грн}$$

## 5.2. Виробнича собівартість виготовлення одиниці продукції

Витрати на матеріали, грн.:  $M = 31,3 - 3,59 \cdot 2,5 = 22,3$  грн

Витрати на комплектуючі та напівфабрикати для модернізації технологічного процесу деталі «корпус» відсутні.

Витрати на силову електроенергію:

$$E_{\text{сил}} = \frac{71 \cdot 4059 \cdot 0,45 \cdot 0,8}{0,9 \cdot 0,96} = 120079 \text{ кВт}$$

Вартість сигової електроенергії:  $E_{\text{ел}} = 120079 \cdot 0,78 = 93662$  грн.

Витрати на основну заробітну плату робітників в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 - Зведені витрати на заробітну плату

Професія	Кількість робітників	У тому числі			
		Середній розряд	Середній тарифний коефіцієнт	Працесм- ність, год	Тарифний фонд з/п
токарь	4	4	16,4	640150	10498460
свердлильник	3	3	16,4	427560	7011984
шліфувальник	1	4	16,4	89180	1462552
	9			1156890	18972996

Виробнича собівартість виготовлення продукції у таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 - Собівартість виготовлення виробу

Стаття витрат	Позначення	Сума, грн.
1. Витрати на матеріали, грн.	<i>Зсм</i>	1561000
2. Витрати на силову електроенергію, грн.	<i>Еел</i>	93662
3. Витрати на основну заробітну плату робітників, грн.	<i>Зо</i>	18972996
4. Витрати на додаткову заробітну плату робітників, грн.	<i>Зд</i>	1897300
5. Витрати на нарахування на заробітну плату робітників, грн.	<i>Зн</i>	8765524
6. Загальновиробничі витрати, грн.	<i>Взаг</i>	47432490
Всього на програму	<i>Snр</i>	78722972
Одного виробу	<i>S</i>	1124

### 5.3. Ціни реалізації виробу

Нижня межа ціни  $C_{нмр}$  відповідає ціні реалізації виробу, грн.:

$$C_p = S \cdot \left(1 + \frac{p}{100}\right) \cdot \left(1 + \frac{w}{100}\right),$$

де  $S$  - повна собівартість виробу;

$p$  - норматив рентабельності, узгоджений із замовником або установлений державою, %,  $p = 20 \dots 50\%$ ;

$w$  - ставка податку на додану вартість, % ( $w = 20\%$ ).

$$C_p = 1124 \cdot \left(1 + \frac{30}{100}\right) \cdot \left(1 + \frac{20}{100}\right) = 1753 \text{ грн}$$

Верхня межа реалізації  $C_{вмр}$  - 1850 грн.

Договірна ціна  $C_{дог}$  в інтервалі між нижньою та верхньою лімітними цінами згідно виразу:

$$C_{нмр} < C_{дог} < C_{вмр}$$

Приймаємо договірну ціну 1800 грн.

#### 5.4. Величина чистого прибутку

Величина чистого прибутку, який ми можемо отримати за рік

$$\Pi = \left[ C_{дог} - \frac{(C_{дог} - Z_{см}) \cdot f}{100} - S_{в} - \frac{q \cdot S_{в}}{100} \right] \cdot \left[ 1 - \frac{h}{100} \right] \cdot N,$$

де  $C_{дог}$  - договірна ціна реалізації виробу, грн.;

$Z_{см}$  - вартість матеріальних ресурсів, які були придбані виробником для виготовлення одиниці виробу, грн.;

$S_{в}$  - виробнича собівартість виробу, грн.;

$f$  - зустрічна ставка податку на додану вартість,  $f=16,67\%$  ;

$h$  - ставка податку на прибуток, %,  $h=17\%$ ;

$q$  - норматив, який визначає величину адміністративних витрат, витрат на збут та інші операційні витрати, %;  $q=5 \dots 10\%$ ;

$N$  - число виробів, які планується реалізувати за рік, шт.

$$\Pi = \left[ 1800 - \frac{(1800 - 22,3) \cdot 16,57}{100} - 1124 - \frac{5 \cdot 1124}{100} \right] \cdot \left[ 1 - \frac{17}{100} \right] \cdot 70000 = 34486417 \text{ грн.}$$

#### 5.5. Оцінювання економічної ефективності інноваційних рішень

Чистий дисконтний дохід для одноразових капітальних (інвестиційних) вкладень, то NPV, грн.:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{\Pi_t}{(1+d)^t} - K,$$

де  $\Pi_t$  - прибуток, грн.; ( $\Pi_t = 34486417$  грн.);

$K$  - величина капітальних вкладень, грн.; ( $K=17022227$  грн.);

$d$  - норма дисконту, ( $d = 0,2$ );

$n$  - термін функціонування проекту, років; ( $n = 5$  років);

$t$  - відповідний рік функціонування проекту, в якому очікується прибуток, грн.

$$NPV = \frac{34486417}{(1+0,2)^5} + \frac{34486417}{(1+0,2)^4} + \frac{34486417}{(1+0,2)^3} + \frac{34486417}{(1+0,2)^2} + \frac{34486417}{(1+0,2)^1} - 17022227 =$$

$$= 30164986 \text{ грн}$$

Величина чистого дисконтного доходу свідчить про доцільність впровадження техпроцесу.

Індекс прибутковості інвестицій без врахування фактору часу :

$$PI = \frac{\sum_{i=1}^n (\Pi_i + K_i)}{\sum_{i=1}^n K_i}; \quad PI = \frac{34486417 + 17022227}{17022227} = 4,02$$

Так, як PI більше 1, то проект є ефективним і його можна рекомендувати до реалізації.

Термін окупності капітальних вкладень

$$T_{ок} = \frac{K}{\Pi + A},$$

де  $K$  - величина капітальних вкладень для розробки нової технології грн.,

$A$  - амортизаційні відрахування, грн

$\Pi$  - прибуток, отриманий виробником за 1 рік продажу продукції, виробленої з застосуванням нового технологічного процесу, грн.

$$T_{ок} = \frac{17022227}{34486417 + 78960} = 0,5 \text{ року}$$

Термін окупності технологічного процесу складає менше нормативного терміну окупності – 5...6 років, отже його впровадження є доцільним.

## 5.6. Висновки до 5-го розділу

В результаті проведених розрахунків було здійснено економічне обґрунтування доцільності впровадження технологічного процесу обробки деталі корпусу 47.47.04. Впровадження технологічного процесу на підприємстві дозволить отримати позитивний економічний ефект завдяки оптимальній

трудомісткості обробки, кількості працюючих та обладнання, виробничої площі та зменшенню нижньої ціни реалізації виробу.

Впровадження технологічного процесу потребує від інвестора 17022227грн. капітальних вкладень. Чистий прибуток складе 34486417 грн. Під час оцінки ефективності проекту отримані такі важливі показники, як: чистий дисконтний дохід 30164986 грн.; індекс прибутковості 4,02; термін окупності 0,5 роки.

Отримані показники свідчать про високий рівень дохідності для інвестора і підтверджують доцільність впровадження технологічного процесу виготовлення деталі типу «корпус 47.47.04».

## ВИСНОВКИ

В запропонованій магістерській кваліфікаційній роботі в повній мірі використані всі сучасні тенденції розвитку машинобудування та досягнення комп'ютерних технологій. Враховуючи програму випуску та організаційну форму виробництва, запропонований оптимальний варіант технологічного процесу для обробки корпусу 47.47.04 в умовах серійного виробництва, який дозволяє знизити собівартість, енерговитрати та трудомісткість механічної обробки, та підвищити продуктивність праці. Крім цього, розраховані технологічні параметри, що потрібні для виготовлення даної деталі.

Поставлені та послідовно розв'язані такі задачі: визначено, що тип виробництва багатосерійний; серед існуючих способів виготовлення заготовки деталі «корпусу 47.47.04» вибрано штамповку, яка економічно доцільніша ніж прокат; на основі аналізу заданої деталі та програми випуску 70000 штук розроблено технологічний процес механічної обробки та визначені припуски, режими різання, технічна норма часу.

Спроековано спеціальне пристосування для свердління отворів; контрольний пристрій для перевірки допуску радіального биття внутрішнього отвору  $\varnothing 20^{+0,021}$  деталі відносно осі отвору; спеціальний ріжучий інструмент - торцеву зенківку для обробки 4-х отворів  $\varnothing 14_{-0,05}$  мм для свердлильної операції, що виконується на верстаті моделі 2К52.

Запропонована конструкція накладного переналагоджувального свердлильного кондуктора, який забезпечує точне базування і підвищену якість оброблення. Розглянуто доцільність використання конструкцій кондукторної плити із обертовими втулками на базі радіальних підшипників для свердління отворів і системою змащення при осьових переміщеннях та нерухомими втулками. Встановлено, що така кондукторна плита має переваги: простота конструкції, можливість переналагодження на свердління й інших діаметрів у заготовках, зменшення сил тертя свердла з кондукторною втулкою через підшипник і систему осьового змащення, відповідно

збільшення точності оброблювальних отворів і зменшення енерговитрат та спрацювання свердел і кондукторних втулок.

Досліджено вплив технологічних параметрів процесу свердління і конструктивних параметрів втулки на величину її зношування. Проведено порівняльний аналіз застосування обертових кондукторних втулок і нерухомих кондукторних втулок. Визначено для заданої програми випуску у 70000 шт. величину зношування (33 мкм для обертової та 146 мкм для нерухомої втулки). Встановлено, що при значній величині партії деталей доцільно застосовувати обертові втулки. Зображено відповідно до розрахунків графічні залежності.

Виконані економічні розрахунки, за якими впровадження технологічного процесу потребує від інвестора 17022227 грн. капітальних вкладень, а чистий прибуток складе 34486417 грн. При оцінці ефективності проекту отримані такі важливі показники, як: чистий дисконтний дохід (інтегральний ефект) 30164986 грн.; індекс прибутковості 4,02; термін окупності 0,5 роки. Отримані показники підтверджують доцільність впровадження технологічного процесу виготовлення деталі типу «корпус 47.47.04».

## СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Сталь 35: характеристики, властивості, продукція. URL: <https://steelgroup.com.ua/chornyj-metal> (дата звернення: 10.09.2024).
2. Рудь В.Д., Божко Т.Є., Гальчук Т.Н. Методологія підготовки випускної роботи за спеціальністю 131- Прикладна механіка: навчальний посібник. Луцьк: РВВ ЛНТУ, 2017. 487с.
3. Горбатюк, Є.О. Технологія машинобудування: навчальний посібник. Львів: "Новий Світ 2000", 2012. 358 с.
4. Руденко П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні: навч. посіб. К.: Вища школа, 2003. 414 с.
5. Економічне обґрунтування інноваційних рішень в машинобудуванні. Методика і особливості виконання курсової роботи: навчальний посібник / В.В.Кавецький, В.О.Козловський – Вінниця: ВНТУ, 2013. - 100 с.
6. Гурін В.А. Основи промислових технологій і матеріалознавства: навч.посібник. Рівне: НУВГП, 2019. 310с.
7. ДСТУ 9182:2022 Поковки з вуглецевої і легованої сталі, виготовлені куванням на пресах. Припуски і допуски. – К.: Держстандарт України, 2022.
8. Ревнівцев М. П., Паршина Н. П. Режими різання на металообробних верстатах у машинобудуванні: навч. посіб. К. : А.С.К., 2006. 416 с.
9. Технологія машинобудування: Посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт : навч. посіб. / І.І. Юрчишин, Я.М. Литвиняк, І.Є. Грицай та ін.; за ред. І.І. Юрчишина. Львів: вид-во НУ «Львівська політехніка», 2009. 527 с.
10. Боровик А.І. Технологічна оснастка механоскладального виробництва: підручник. К.: Кондор, 2008. 726 с.
11. Медведєв В. С., Тулупов В. І., Онищук С. Г. Технологічна оснастка: навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка». Краматорськ : ДДМА, 2021. 108 с.
12. Гевко Б.М., Дичковський М.Г., Матвійчук А.В. Технологічна оснастка. Контрольні пристрої: навч. посіб. К.: Кондор, 2009. 220 с.
13. Данилова Л. М., Лапковський С. В., Приходько В. П. Різальний інструмент: навчальний посібник для студентів, які навчаються за спеціальністю

131 «Прикладна механіка», спеціалізацією «Технологія машинобудування». Електронні текстові данні (1 файл 12,92 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. 147 с. Назва з екрана. URS: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/55701>

14. Обертюх, Р. Р. Триботехніка машинобудівної галузі: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2025. 123 с. URS : [https://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2025/Obertjukh\\_2025\\_123.pdf](https://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2025/Obertjukh_2025_123.pdf)

15. Аулін В. В. Фізичні основи процесів і станів самоорганізації в триботехнічних системах : монографія. Кіровоград : КОД, 2014. 370 с.

16. Birolini A. Reliability Engineering: Theory and Practice. / 8th Edition. Springer-Verlag GmbH, Deutschland, 2017. 666 p.

17. Дискретне зміцнення та зносостійкість циліндричних трибосистем ковзання : [монографія] / Диха О. В. [та ін.]. Хмельницький : ХНУ, 2016. 197 с.

18. Обертюх Р. Р., Іскович-Лотоцький Р. Д. Ущільнення та мащення вузлів тертя машин : навчальний посібник. К. : НДО, 1994. 168 с.

19. Савуляк В. І., Шенфельд В. Й. Наплавлення високовуглецевих зносостійких покриттів : монографія. Вінниця : ВНТУ, 2016. 124 с.

20. Тимофеев С. С. Способи і методи модифікації поверхонь тертя. ІКСЗТ, 2015, №3. С. 20-23. DOI: 10.18664/iksz.t.v0i3.53070

21. Чепіль О. Я. Вплив водню на довговічність тонкостінного зразка за високотемпературної повзучості. Фізико-хімічна механіка матеріалів. 2024, Т. 60, № 2. С.78-81. URS: <http://pcmm.ipm.lviv.ua/pcmm-2024-2u.pdf>

22. Кіндрачук М. В. Трибологія : підручник. К. : НАУ, 2009. 310 с.

23. Внуков, Ю.М. Зношування і стійкість різальних лезових інструментів: навч. посіб. Суми: СумДУ, 2010. 243 с.

24. Онофрійчук А. Підвищення трибологічних характеристик елементів технологічного оснащення: тези V студентської науково-технічної конференції «Інноваційні технології в транспорті та механічній інженерії». Луцьк: ЛНТУ, 2025. С. 6-7. – URS: <https://drive.google.com/>

25. Гальчук Т. Н., Кольцовський О. О. Трибологічні основи проектування свердлильних кондукторів: матеріали V міжнародної науково-технічної конференції ТК-2018 «Прогресивні напрямки розвитку технологічних комплексів». Луцьк: ЛНТУ, 2018. С. 25-27. URS: <http://t-komplex.net.ua>.

26. Петров О. В., Сухоруков С. І. Технологічна оснастка : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2018. 123 с.

27. Пат. №56735 Україна. МПК В23В 49/00. Кондуктор накладний. Пономаренко С. В., Стефанів В. М., Гевко І.Б., Ляшук О.Л., Диня В.І. заявник і власник патенту Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя. – №и 201008318; заявл. 05.07. 10; опубл. 25.01. 11, Бюл. №2, 2011.

28. Пат. № 43226 Україна. МПК В23В 49/00. Кондукторна плита свердлильного пристрою. / Гупка Б.В., Стойко І. І., Гевко І. Б. заявник і власник патенту Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя. – №и 2001042269; заявл. 05.04. 01; опубл. 05.11. 01, Бюл. №10, 2001.

29. Дмитриченко М. Ф., Мнацаканов Р. Г., Мікосянчик О. О. Триботехніка та основи надійності машин : навчальний посібник. К. : Інформавтодор, 2006. 216 с.

30. Кавецький В.В., Козловський В.О. Економічне обґрунтування інноваційних рішень в машинобудуванні: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2013. 100 с.

## ДОДАТКИ