

Центральноукраїнський національний технічний університет
Механіко-технологічний факультет
Кафедра «Машинобудування, мехатроніки і робототехніки»

«Допущено до захисту»
Завідувач кафедри ММіР
к.т.н., доцент
_____ Андрій ГРЕЧКА
« ____ » _____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за другим (магістерським) рівнем вищої освіти
на тему:

**«Розробка гнучкої технології механічної обробки
деталі рейка-поршень з дослідженням процесу
хонінгування отворів»**

Виконав здобувач вищої освіти ІІ-го курсу
групи ПМ-22М-3
ОПП «Прикладна механіка»
спеціальності 131 «Прикладна механіка»
_____ Віктор КЛЮЧКА

Керівник роботи к.т.н., доцент
_____ Кирил ЩЕРБИНА

Рецензент:

Центральноукраїнський національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет Механіко-технологічний факультет

Кафедра «Машинобудування, мехатроніка і робототехніка»

Освітнього ступеня магістр

Спеціальність 131 «Прикладна механіка»

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

“___” _____ 20__ року

З А В Д А Н Н Я **НА КВАЛІФІКАЦІНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Ключка Віктор Якович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Розробка гнучкої технології механічної обробки деталі рейка-поршень з дослідженням процесу хонінгування отворів

керівник роботи: Щербина Кирил Костянтинович, доцент канд. техн наук,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу № _____ від “___” _____ 20__ року

2. Строк подання студентом проекту _____

3. Вихідні дані до роботи _____

3.1. Креслення деталі рейка-поршень УЯИШ 716652.70

3.2. Технічні вимоги на виготовлення деталі _____

3.3. Річна програма випуску деталі рейка-поршень УЯИШ 716652.70 – 4800шт.

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

4.1. Загальна частина _____

4.2. Технологічна частина _____

4.3. Конструкторська частина _____

4.4. Дослідна частина _____

4.5 Організаційна частина _____

4.6 Економічна частина _____

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

Графічний матеріал - 12 л. ф.А4

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Економічна частина	к.е.н., доц. Журило І.В.		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Загальна частина	10.10.2023	
2	Технологічна частина	16.10.2023	
3	Конструкторська частина	31.10.2023	
4	Дослідна частина	15.11.2023	
5	Організаційна частина	01.12.2023	
6	Економічна частина	20.12.2023	
7	Розробка презентації	25.12.2023	

Студент

(підпис)

Ключка В.Я.

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту

(підпис)

Щербина К.К.

(прізвище та ініціали)

Анотація

Кваліфікаційна робота складається з пояснювальної записки на 137 сторінках та графічної частини на 10 листах формату А4.

1. Актуальність роботи. Процесу формоутворення макро і мікрорельєфу при хонінгуванні отворів є недостатньо дослідженим

2. Наукова новизна роботи. Проведено дослідження процесу виправлення макро і мікронерівностей деталі, що оброблюється з врахуванням умов адаптації процесу.

3. Практична цінність роботи. Синтезована конструкція системи регулювання радіального розміру на базі пружно-гвинтового хона для обробки отворів більше 50 мм.

4. Оцінка найбільш важливої суті роботи виконаної роботи.

Одним із вагомих показників процесу хонінгування є можливість виправлення попередніх відхилень на макро та мікронерівностей. В роботі розглянути шляхи виправлення попередніх відхилень поверхні за рахунок можливості адаптації процесу хонінгування. Наведена теоретична концептуальна схема адаптивної системи хонінгування для системи регулювання радіального розміру на базі пружно-гвинтового хону. Проведено дослідження запропонованої адаптивної системи хонінгування в умовах динаміка на сталість її функціонування.

Всі приведені зміни економічно обґрунтовані.

Ключові слова: хонінгування, макрорельєф, мікрорельєф, хон, алмазно-абразивний брусок.

Annotation

The qualification work consists of an explanatory note on 137 pages and a graphic part on 10 sheets of A4 format.

1. **Relevance of the work.** The process of macro- and microrelief formation during honing of holes is insufficiently researched

2. **Scientific novelty of the work.** A study of the process of correcting macro- and micro-uniformities of the part processed taking into account the conditions of process adaptation was carried out.

3. **Practical value of the work.** The synthesized design of the radial size adjustment system based on the spring-screw hammer for processing holes larger than 50 mm.

4. Evaluation of the most important essence of the work performed.

One of the important indicators of the honing process is the possibility of correcting previous deviations on macro and micro irregularities. The work considers ways of correcting previous surface deviations due to the possibility of adapting the honing process. The theoretical conceptual diagram of the adaptive honing system for the radial size control system based on the spring-screw honing is presented. The study of the proposed adaptive honing system under dynamic conditions for the stability of its operation was carried out.

All the above changes are economically justified.

Key words: honing, macrorelief, microrelief, honing, diamond abrasive bar.

ЗМІСТ

Вступ	8
1. Загальна частина	9
1.1 Аналіз і класифікація схем самовстановлення алмазно-абразивного інструменту та деталі.	9
1.2. Аналіз існуючих процесів утворення робочих рухів зерна алмазно-абразивного інструменту.....	15
1.3. Деталь представник для дослідження процесу хонінгування та гнучкої технології виготовлення	18
1.4. Визначення типу виробництва.....	19
2. Технологічна частина	22
2.1. Аналіз точності та технологічності деталі.....	22
2.2. Аналіз діючого технологічного процесу.....	25
2.3. Вибір заготовки та способу її виготовлення.....	26
2.4. Вибір методів обробки поверхонь деталі.....	27
2.5. Розробка маршрутів виготовлення деталі.....	30
2.6. Вибір технологічних баз.....	33
2.7. Розробка структури технологічних операцій і вибір обладнання для їх здійснення.....	34
2.8. Вибір затискних пристроїв.....	61
2.9. Вибір різальних інструментів.....	62
2.10. Вибір вимірювальних пристроїв та інструментів.....	64
2.11. Визначення припусків та операційних розмірів деталей.....	65
2.12. Визначення режимів різання.....	67
2.13. Технічне нормування операцій.....	73
3. Конструкторська частина.....	76
3.1. Розрахунок та розробка конструкції затискного пристрою.....	76
3.1.1. Опис будови та роботи пристрою.....	76
3.1.2. Розрахунок сили затиску деталі.....	78

3.1.3. Вибір типу силового приводу, розрахунок параметрів силового приводу.....	79
3.1.4. Розрахунок на міцність слабких ланок пристрою.....	80
3.1.5. Розрахунок пристрою на міцність.....	82
3.1.6. Розрахунок пристрою на точність.....	82
3.2. Розрахунок та розробка конструкції контрольно-вимірювального пристрою.....	83
3.2.1. Опис конструкції та роботи пристрою.....	83
3.2.2. Визначення похибок вимірювання і перевірка умови працездатності виробу.....	86
3.2.3. Розробка креслення загального виду пристрою.....	86
3.3. Розробка конструктивного виконання пружного гвинтового хону для обробки отворів великих діаметрів	87
3.3.1. Опис конструкції спеціального ріжучого інструменту.....	87
4. Дослідна частина.....	90
4.1 Аналіз і синтез СРРР в умовах адаптивного керування процесом	90
4.2 Динамічний аналіз АСК на базі ПГХ	97
5. Організаційна частина	110
5.1. Розрахунок потрібної кількості обладнання та коефіцієнту його завантаження.....	110
5.2 Розрахунок календарно-планових нормативів.....	112
5.3 Визначення чисельності основних робітників цеху.....	115
6. Економічна частина.....	118
6.1. Аналіз варіантів технологічного процесу.....	118
6.2. Розрахунок планової цехової собівартості деталі.....	127
6.3. Розрахунок планової цехової собівартості деталі.....	130
Висновки.....	132
Список використаних джерел	133

ВСТУП

Головна мета розвитку машинобудування країни – задоволення внутрішнього попиту на машинобудівну продукцію, розширення присутності на зовнішніх ринках. Мету має бути досягнуто на основі перетворення машинобудування у конкурентоспроможний, ефективний, високотехнологічний і сприйнятливий до інновацій комплекс, що динамічно розвивається, інтегрований у систему міжнародного розподілу праці.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати заходи у таких напрямках як: модернізація діючих підприємств на інноваційній основі; впровадження нових технологій; розвиток внутрішнього ринку машинобудівної продукції; створення умов, що сприяють залученню в машинобудівну галузь кваліфікованих фахівців.

Реалізація цих заходів дозволить: збільшити випуск машинобудівної продукції за обсягами та номенклатурою; розширити експортні поставки; підвищити конкурентоспроможність продукції; підвищити ефективність роботи галузі.

Деталь, що визначає тему магістерської роботи, входить до складу кульково-гвинтового гідропідсилювача ШВГУ 700, що виготовляється на Кропивницькому підприємстві ПАТ НВП «Радій».

В магістерській роботі передбачається розробка технологічного процесу механічної обробки деталі рейка-поршень із використанням верстатів з ЧПУ, з метою підвищення продуктивності виготовлення з меншою собівартістю.

З урахуванням запропонованих змін в базовому технологічному процесі виготовлення деталі передбачається розробка конструкцій затискного та контрольного пристроїв, а також різального інструменту.

Передбачається дослідження методу хонінгування точних отворів.

1. Загальна частина

1.1 Аналіз і класифікація схем самовстановлення алмазно-абразивного інструменту та деталі.

Найважливішим етапом розробки операцій хонінгування є визначення типу хонінгувальної головки і затискного пристрою, методу компенсації похибок відносно положення інструменту та оброблюваної деталі, складу та розподілу рухів між ними (кінематика процесу). Сукупність перерахованих факторів характеризує схему хонінгування. Однією з найважливіших умов досягнення високої точності обробки та усунення вихідних похибок геометричної форми оброблюваного отвору є здатність системи «інструмент – деталь» до самовстановлення, при забезпеченні якої в процесі обробки відбувається компенсація похибок відносного положення інструмента та оброблюваної деталі.

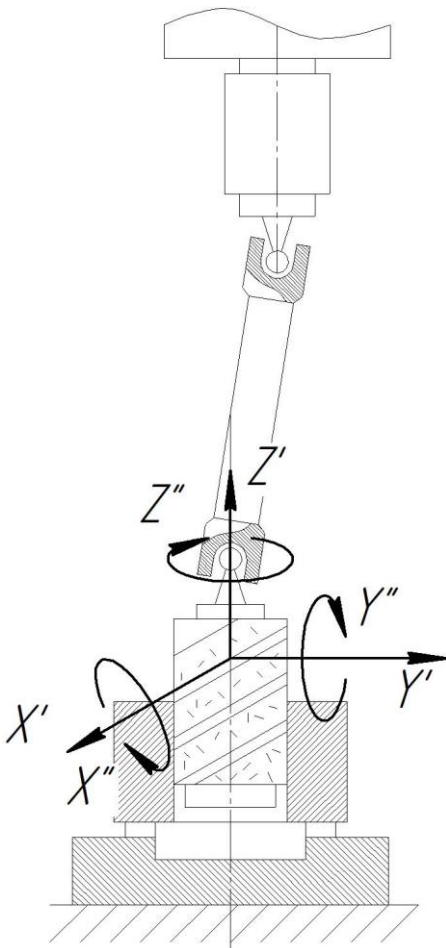


Рис. 1.1 - Схема зв'язку системи інструмент-деталь і її ступенів вільності відносно вісей Z,X,Y

При хонінгуванні, на відміну від багатьох інших видів механічної обробки різанням, форма оброблюваної поверхні збігається з формою інструменту, завдяки чому створюється можливість самовстановлення інструменту щодо деталі. Для цього необхідно, щоб зазначена система мала чотири ступені вільності: переміщення і повороти відносно осей X та Y (Рис.1.4). Для здійснення поступальних переміщень використовують різні механізми плоскопаралельного руху, а для обертальних рухів навколо осей - шарнірні з'єднання. Кінематика хонінгування включає три основні робочі рухи: обертальний, зворотно-поступальний і радіальне переміщення брусків (розтиск). Перші два рухи можуть мати розподіл між ріжучим інструментом і деталлю, але при

обробці деталей на вертикально-хонінгувальному верстаті зазвичай обидва ці рухи повідомляються інструменту - хонінгувальній голівці. Шляхом введення додаткових одного або двох осцилюючих рухів кінематика ускладнюється, але при цьому досягається інтенсифікація процесу хонінгування.

Опираючись на раніше розробленні класифікації схем хонінгування [1,2] і враховуючи різне поєднання визначальних чинників отримуємо класифікацію схем хонінгування, яка наведена в таблиці 1

Висновки:

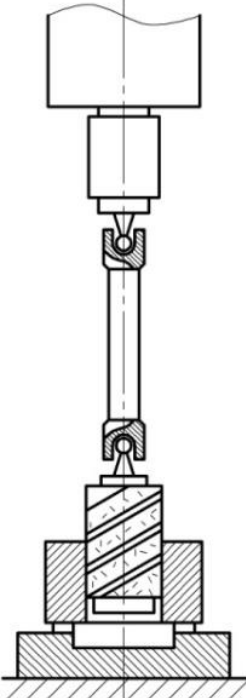
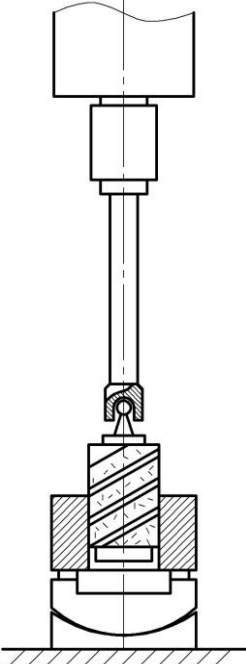
Отже можна прийти до висновку, що використання двох шарнірного з'єднання інструменту забезпечує найбільш точне встановлення але в процесі обробки під дією осьових сил інструмент та радіального переміщення штоку регулювання радіального розміру прагне зайняти положення, яке співпадає з віссю шпинделя.

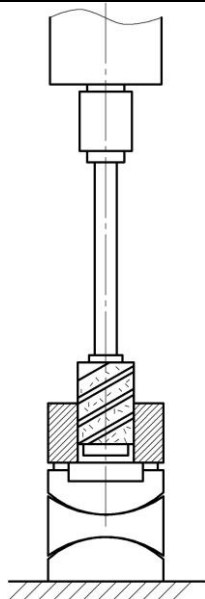
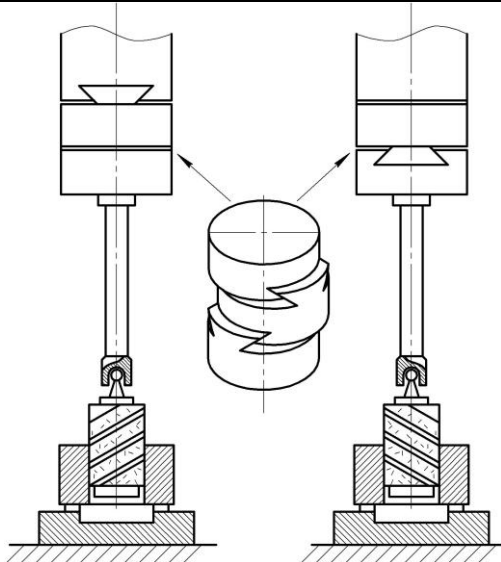
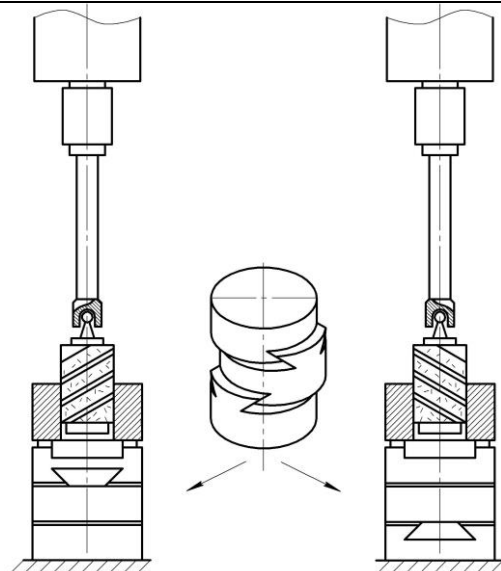
Використання двох шарнірного пристосування, призводить до ускладнення конструкції і не уможливлює обробку великих деталей.

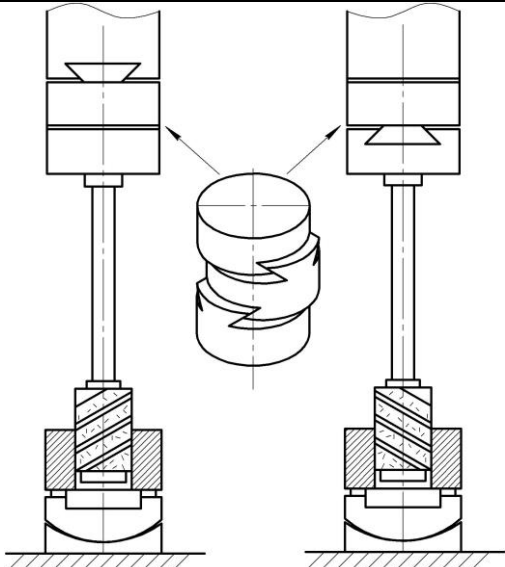
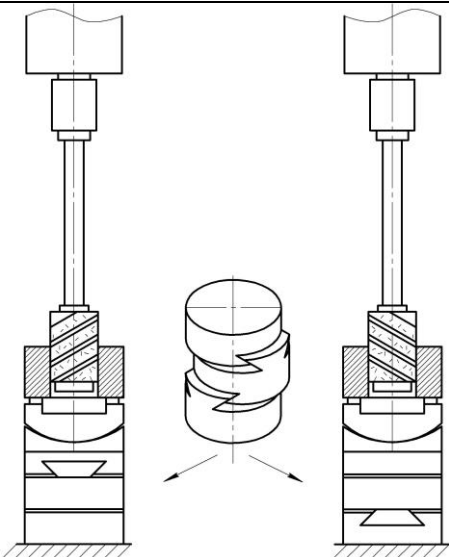
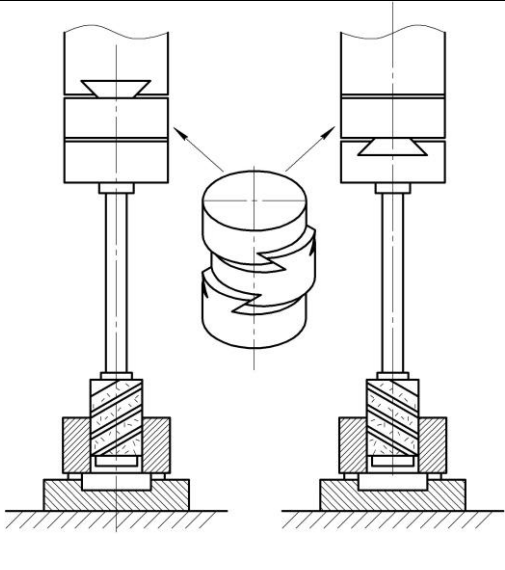
Рекомендації:

Забезпечити можливість використання двох шарнірного з'єднання інструменту з врахування дії осьових сил.

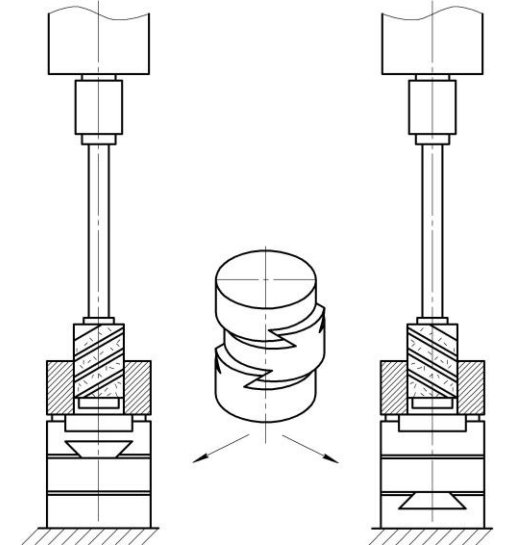
Таблиця 1

Схема	Визначення ступенів вільності при реалізації процесу хонінгування по Рис.1.4		Примінення	Переваги	Недоліки
	Інстру-мент	Деталь			
Два шарніри в інструменті					
	$Z' \neq 0$ $X' \neq 0$ $Y' \neq 0$ $Z'' \neq 0$ $X'' = 0$ $Y'' = 0$	$Z' = 0$ $X' = 0$ $Y' = 0$ $Z'' = 0$ $X'' = 0$ $Y'' = 0$	$L:d > 2,5$ Верстат и з малою жорсткі стю шпинде ля	Не співвісність шпинделя та деталі перевищує 0,05 мм	Під дією осьових сил вісь інструме нта прагне зайняти положенн я, яке співпадає з віссю шпиндел я.
Один шарнір в інструменті, один шарнір в пристосуванні					
	$Z' \neq 0$ $X' \neq 0$ $Y' = 0$ $Z'' \neq 0$ $X'' = 0$ $Y'' = 0$	$Z' = 0$ $X' = 0$ $Y' \neq 0$ $Z'' = 0$ $X'' = 0$ $Y'' = 0$	$L:d < 2,5$ Обробк а довгих та точних отворів	Не співвісність шпинделя і деталі перевищує 0,05 мм. Відсутня осьова сила.	Складність конструкції пристосува ння

Два шарніри в пристосуванні						
	$Z' \neq 0$ $X' = 0$ $Y' = 0$ $Z'' \neq 0$ $X'' = 0$ $Y'' = 0$	$Z' = 0$ $X' \neq 0$ $Y' \neq 0$ $Z'' = 0$ $X'' = 0$ $Y'' = 0$	$L:d < 2,5$	Не співвісність шпинделя і деталі перевищує 0,05 мм.	Складність конструкції пристосування. Потрібна підвищена жорсткість шпинделя	
Шарнір і поступальний механізм в інструменті						
	$Z' \neq 0$ $X' \neq 0$ $Y' = 0$ $Z'' \neq 0$ $X'' \neq 0$ $Y'' \neq 0$	$Z' = 0$ $X' = 0$ $Y' = 0$ $Z'' = 0$ $X'' = 0$ $Y'' = 0$	$L:d > 2,5$ А/Б Верстат и з малою жорсткістю шпинделя.	Не співвісність шпинделя і деталі перевищує 0,05 мм.	Під дією осьових сил вісь інструмента прагне зайняти положення, яке співпадає з віссю шпинделя	
Шарнір в інструменті, поступальний механізм в пристосуванні						
	$Z' \neq 0$ $X' \neq 0$ $Y' = 0$ $Z'' \neq 0$ $X'' = 0$ $Y'' = 0$	$Z' = 0$ $X' = 0$ $Y' = 0$ $Z'' = 0$ $X'' \neq 0$ $Y'' \neq 0$	$L:d \leq 2,5$ А/Б	Не співвісність шпинделя і деталі перевищує 0,05 мм.	Під дією осьових сил вісь інструмента прагне зайняти положення, яке співпадає з віссю шпинделя	

Поступальний механізм в інструменті, шарнір в пристосуванні						
	$Z' \neq 0$ $X' = 0$ $Y' = 0$ $Z'' \neq 0$ $X'' \neq 0$ $Y'' \neq 0$	$Z' = 0$ $X' \neq 0$ $Y' = 0$ $Z'' = 0$ $X'' = 0$ $Y'' = 0$	$L:d < 2,5$ А/Б	Не співвісність шпинделя і деталі перевищує 0,05 мм.	Для інструменту з ручним регулювання радіального розміру.	
Шарнір і поступальний механізм в пристосуванні						
	$Z' \neq 0$ $X' = 0$ $Y' = 0$ $Z'' \neq 0$ $X'' = 0$ $Y'' = 0$	$Z' = 0$ $X' \neq 0$ $Y' = 0$ $Z'' = 0$ $X'' \neq 0$ $Y'' \neq 0$	$L:d < 2,5$ А/Б	Не співвісність шпинделя і деталі перевищує 0,05 мм. Відсутня осьова сила.	Складність конструкції пристосування. Потрібна підвищена жорсткість шпинделя	
Поступальний механізм в інструмент						
	$Z' \neq 0$ $X' = 0$ $Y' = 0$ $Z'' \neq 0$ $X'' \neq 0$ $Y'' \neq 0$	$Z' = 0$ $X' = 0$ $Y' = 0$ $Z'' = 0$ $X'' = 0$ $Y'' = 0$	$L:d > 2,5$ А/Б⊥С	Співвісність 0,03-0,05 мм. Конструкція затискного пристосування значно спрощена.	Тільки для ручного регулювання радіального розміру.	

Поступальний механізм в пристосуванні

	$Z' \neq 0$ $X' = 0$ $Y' = 0$ $Z'' \neq 0$ $X'' = 0$ $Y'' = 0$	$Z' = 0$ $X' = 0$ $Y' = 0$ $Z'' = 0$ $X'' \neq 0$ $Y'' \neq 0$	$L:d < 2,5$ $A//B \perp C$	Співвісність 0,03-0,05 мм.	Складність конструкції пристосува ння. Потрібна підвищена жорсткість шпинделя
--	---	---	-------------------------------	-------------------------------	--

*- Z', Y', X' – лінійне переміщення вздовж вісі;
 - Z'', Y'', X'' , - обертання навколо вісі,

1.2. Аналіз існуючих процесів утворення робочих рухів зерна алмазно-абразивного інструменту.

Основним показником процесу хонінгування є робочий рух інструменту, котрий в свою чергу впливає на точність, продуктивність та параметри шорсткості [2,3,4,5,6,7].

Головним показником, який визначає робочий рух інструменту є кінематичні можливості верстата. За кінематичною ознакою верстата можливо розділити на дві групи [4]:

1. З традиційною кінематикою.
2. З використанням механізмів осциляції.

Саме механізми осциляції надають інструменту додаткових коливальних рухів, що призводить до створення складної траєкторії руху інструменту [2, 3,4,5,6,7].

Ускладнення траєкторії руху інструменту інтенсифікує процес різання, що сприяє підвищенню точності, продуктивності обробки і створенню умов для керування формуванням мікрорельєфу обробленої поверхні [75].

Використання коливальних рухів суттєво збільшує продуктивність процесу різання в 1,5-2 рази по мірі збільшення частоти і амплітуди коливань [2,3,4,5,6,7]. Необхідно зазначити, що інтенсивність зносу брусків хону теж збільшується, але в меншій мірі, чим величина шару металу, що знімається.

Продуктивність процесу різання збільшується завдяки правильному вибору параметрів режимів обробки. Сам процес має незгасаючий характер і різальні зерна при русі не повторюють траєкторію попередніх зерен. В результаті їх різальні властивості використовуються в більш повній мірі [2].

В залежності від верстату, інструменту може надаватися лише одне колювання, зазвичай це осьова осциляція або одразу два колювання, а саме кругова та осьова осциляції.

Здебільшого застосовується обробка з додатковою осьовою осциляцією. Це підтверджується тим, що на сьогоднішній момент фірма Sunnen Industrial випускає верстати серії SV, які оснащуються механізмом осьової осциляції [10].

Однак, введення коливального руху в осьовому напрямлені обмежено масою рухомих частин, а також зниженням точності обробки через перемінний напрямок осьової сили і від коливань величини перебігу хону. Через дані причини механізмами осьової осциляції оснащуються верстати призначені для обробки лише коротких отворів діаметром до 65 мм [2].

Самі коливальні рухи будуть визначатися наступними параметрами: частотою та амплітудою. Значення даних параметрів впливають на утворення сітки траєкторії руху зерна інструменту.

Розглянемо траєкторію руху зерна, яка утворюється при звичайній обробці без додаткових рухів осциляції (рис.1.2., а) [2].

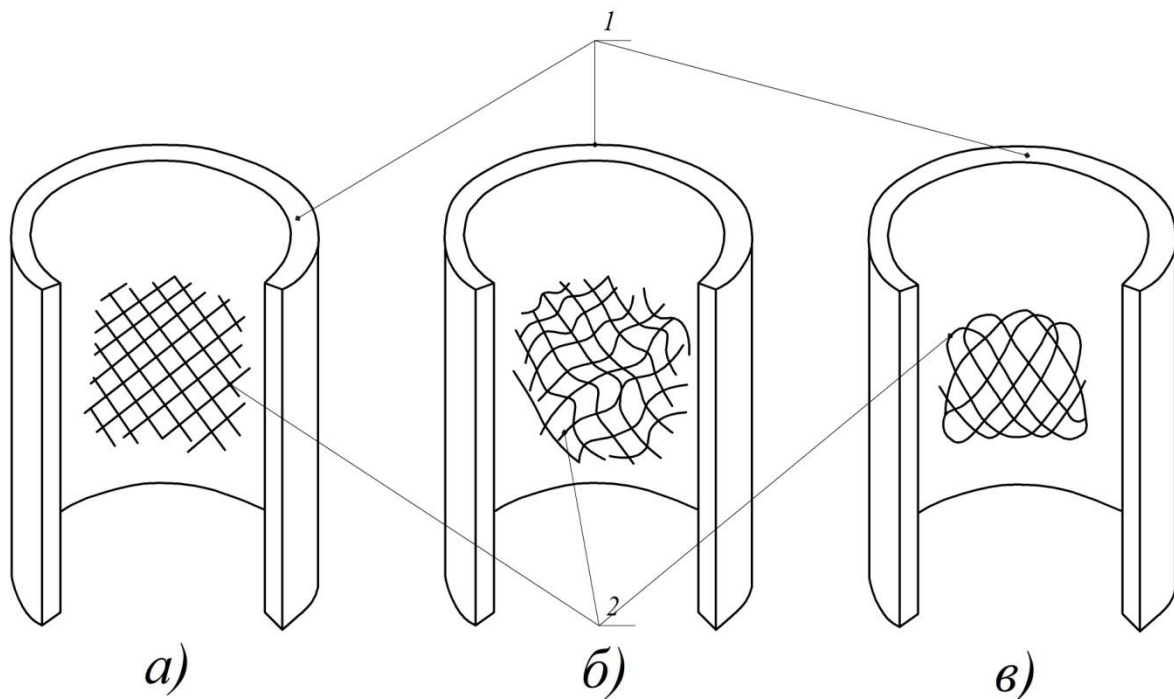


Рис. 1.2. Траєкторія руху зерна інструменту;

а) – звичайна обробка; б) – обробка з осьовою або коловою осциляцією; в) – обробка з осьовою та коловою осциляцією;

1 – деталь; 2 – траєкторія руху зерна інструменту.

У відповідності до рис 1.2., а звичайна обробка характеризується сіткою слідів у вигляді пересічних гвинтових ліній.

Розглянемо траєкторію руху зерна інструменту з додатковою осьовою або коловою осциляцією (рис. 1.2., б).

Траєкторія руху зерна інструменту при наявності додаткового руху осциляції буде визначатися по синусоїдальному закону, тому в результаті додавання основного руху сітка слідів буде мати ідентичний характер, незалежно від типу коливань.

Визначимо, яку буде мати траєкторію зерно інструменту при додаванні до основного руху відразу осьової та колової осциляції (рис. 1.2, в).

При такій кінематиці руху утворюється рівномірна густа сітка слідів у вигляді фігури Ліссажу, але лише при правильному підборі параметрів руху, а саме амплітуди та частоти коливань. При такій сітці слідів ні одне із зерен не переміщується по траєкторії іншого зерна, що забезпечує інтенсивне використання різальної спроможності хону, також при цьому утворюється мала за розмірами стружка, що легко видаляється з зони різання. В результаті суттєво зростає продуктивність процесу різання і точність геометричної форми отвору, що оброблюється [2].

Висновки:

Отже, можна прийти до висновку, що найбільш ефективною траєкторією руху зерна інструменту є додавання одразу осьової та колової осциляції.

Слід зазначити про необхідність зменшення кількості рухомих частин інструменту і верстату при осьовій осциляції для збільшення діапазону деталей, що оброблюються.

Необхідно забезпечити можливість гнучкого регулювання параметрами руху зерна.

Рекомендації:

Необхідно забезпечити хонінгувальні верстати механізмами колової та осьової осциляції. Але слід зазначити, що їх конструктивне виконання повинно бути з оптимальною кількістю ланок.

1.3. Деталь представник для дослідження процесу хонінгування та гнучкої технології виготовлення

Деталь рейка-поршень УЯИШ 716652.70 є основною складовою частиною кульково-гвинтового гідропідсилювача ШВГУ 700 і слугує для створення рейкової передачі. Деталь має складну форму і відноситься до класу корпусних деталей.

Ескізи деталі рейка-поршень представлений на рис.1.3.

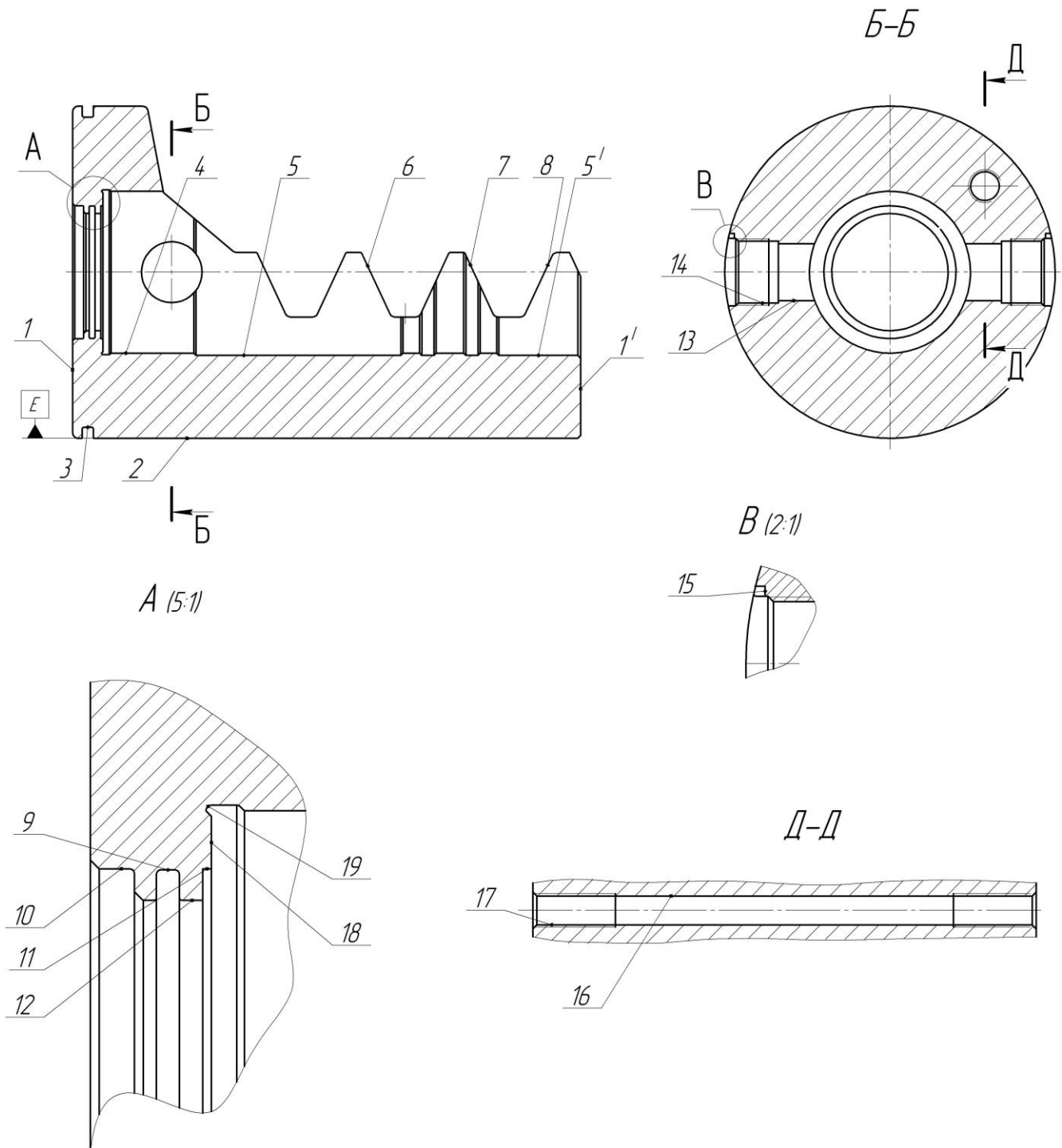


Рисунок 1.3. Ескіз деталі рейка-поршень

1.4. Визначення типу виробництва

Згідно з ГОСТ 3.1108-74 тип виробництва визначаємо згідно із значенням коефіцієнта закріплення операції Кз.о, який визначається за формулою:

$$K_{з.о} = \frac{Q}{P},$$

де: Q - кількість різних операцій по базовому технологічному процесу на ділянці протягом прийнятого календарного терміну;

P - кількість робочих місць, які забезпечують виконання операцій базового технологічного процесу при заданій програмі випуску.

Коефіцієнт закріплення операцій Кз.о показує відношення усіх різних технологічних операцій, які виконуються в підрозділах за місяць до кількості робочих місць.

Розрахунок типу виробництва виконуємо за допомогою ЕОМ. Результати розрахунків приведені нижче.

Розрахунок типу виробництва деталі рейка-поршень:

Рейка-поршень УЯИШ 716652.70

Вихідні дані

Програма випуску 4800

Номер операції	Дійсний річний фонд часу роботи обладнання	Штучний час
5	3904	1.9100
10	4029	7.0000
15	4029	7.5000
20	4029	0.2800
25	3904	5.9400
30	3904	20.0000
35	3904	20.0000
40	3904	23.8000
45	3904	17.4500
50	3904	35.2000
55	3904	10.6800
60	3904	9.6300
65	3904	9.6300
70	3904	76.2000
75	4029	3.3000
80	3904	1.7500
85	4029	9.8600
90	3904	11.0000

95	3904	4.4000
100	3904	20.0000
105	3904	32.0000
110	3904	35.0000
115	3904	15.0000
120	3904	65.0000
125	4029	15.0000
130	3904	10.0000

Результати розрахунку

Номер операції	Розрахункова кількість верстатів	Прийнята кількість верстатів	Кількість операцій на даному верстаті
----------------	----------------------------------	------------------------------	---------------------------------------

5	0.1801	1	4.44
10	0.0427	1	18.75
15	0.0310	1	25.79
20	0.3878	1	2.06
25	0.0600	1	13.33
30	0.0600	1	13.33
35	0.1201	1	6.66
40	0.0720	1	11.10
45	0.0720	1	11.10
50	0.0720	1	11.10
55	0.0720	1	11.10
60	0.0720	1	11.10
65	0.0800	1	9.99
70	0.0720	1	11.10
75	0.0800	2	9.99
80	0.0400	1	19.99
85	0.1601	1	5.00
90	0.0800	1	9.99
95	0.3202	1	2.50
100	0.2001	1	4.00
105	0.0480	1	16.66
110	0.0720	1	11.10
115	0.0720	1	11.10
120	0.0720	1	11.10
125	0.0800	2	9.99
130	0.0720	1	11.10

Коефіцієнт закріплення операцій 11.76234

Тип виробництва - середньосерійний

Як показують розрахунки, тип виробництва виготовлення деталі рейка-поршень середньосерійний.

Середньосерійний тип виробництва займає проміжне місце між дрібносерійним і багатосерійним. При середньосерійному виробництві вироби виготовляються партіями або серіями, які складаються з одноіменних, однотипних за конструкцією і однакових за розмірами виробів, які запускаються у виробництво одночасно. Технологічний процес переважно диференційований, тобто поділений на окремі операції, які закріплені за визначеними верстатами. За робочим місцем закріплена більш вузька номенклатура операцій. Застосовується обладнання різних видів: універсальне, спеціалізоване, спеціальне, автоматизоване, агрегатне. Верстатний парк повинен бути спеціалізованим в такій мірі, щоб був можливий перехід від виробництва однієї серії машин до виробництва іншої, яка дещо відрізняється від першої у конструктивному відношенні.

При використанні універсальних верстатів повинні широко застосовуватись спеціалізовані (пристосовані для даної операції) і спеціальні пристрої, спеціалізований і спеціальний ріжучий інструмент та вимірювальний інструмент у вигляді граничних (стандартних і спеціальних) калібрів і шаблонів. Все це обладнання і оснащення в середньосерійному виробництві можна застосовувати достатньо широко, так як при повторюваності процесів виготовлення одних і тих же деталей вказані засоби виробництва дають техніко-економічний ефект, який з більшою вигодою окупає витрати на них. Вид руху предметів праці – паралельно-послідовний.

Серійне виробництво значно економічніше, ніж одиничне, оскільки краще використання обладнання, спеціалізація робочих, збільшення продуктивності праці забезпечують зменшення собівартості продукції.

2. Технологічна частина

2.1. Аналіз точності та технологічності деталі

Для по елементного аналізу точності поверхонь деталі, виконуємо ескіз деталі рейка-поршень, представлений на рис. 1.4, із зазначенням поверхонь, що підлягають обробці, а дані аналізу точності заносимо в таблицю 2.1.

Аналіз точності деталі показав, що всі розміри поверхонь задані в достатній кількості для їх обробки. Метод постановки розмірів - комбінований. Величини розмірів відповідають нормальному ряду чисел, але не всі відхилення відповідають діючим квалітетам.

Таблиця 2.1

Параметри точності деталі

Позначення поверхні	Назва поверхні	Розмір з відхиленнями, заданими від даної поверхні	Квалітет точності	Точність відносних поворотів, відстаней, розміщення поверхонь	Точність форми	Шорсткість поверхні
1	2	3	4	5	6	7
1, 1 ^I	Торцева	184,5 _{-0,25}	-	$\sqrt{\quad}$ 0,05 E		2,5
2	Зовнішня циліндрична	$\varnothing 120_{-0,036}^{-0,071}$	f7		$\odot$ 0,02	0,8
3	Канавка	$\varnothing 111_{-0,087}^{+0,12}$	h9 -	$\Leftarrow$ 0,06		1,6
4	Внутрішня циліндрична	$\varnothing 58,5_{+0,046}$	H8	$\odot$ $\varnothing 0,03$ E		1,6
5, 5 ^I	Внутрішня циліндрична	$\varnothing 59_{+0,074}$	H9			6,3
6, 7, 8	Зубчаста поверхня	25,801 25,341 34,375 33,958	8-8-9-D			0,8
9	Канавка	$\varnothing 47,8_{+0,1}^{+0,062}$	H9	$\Leftarrow$ 0,06		1,6
10	Внутрішня циліндрична	$\varnothing 48$	H14			6,3

Продовження табл. 2.1

1	2	3	4	5	6	7
11	Канавка	$\varnothing 48$ 0,5	H14			6,3
12	Внутрішня циліндрична	$\varnothing 42,3^{+0,062}$	H9	 $\varnothing 0,06$ E		2,5
13	Отвір	$\varnothing 22^{+0,052}$	H9	 T0,08		2,5
14	Різьбовий отвір	M24x1,5	6H	 $\varnothing 0,1$		3,2
15	Паз	14; 3,5; R5	IT14/2			6,3
16	Отвір	$\varnothing 10,43$	H14			6,3
17	Різьбовий отвір	M12x1,5	6H			3,2
18	Торець внутрішньої поверхні	11 _{-0,1}	H14	 0,02 E		1,6
19	Канавка	2 3 0,5	IT14/2			6,3

Найбільш точними поверхнями деталі рейка-поршень є:

- торцева поверхня 1 $184,5_{-0,25}$ з шорсткістю Ra2,5 та допуском перпендикулярності 0,05;
- зовнішня циліндрична поверхня 2 $\varnothing 120_{-0,071}^{-0,036}$ з шорсткістю Ra0,8, та допуском циліндричності 0,02;
- канавка 3 $\varnothing 111_{-0,087}$, 4^{+0,12} з шорсткістю Ra1,6 та допуском биття 0,06;
- внутрішня циліндрична поверхня 4 $\varnothing 58,5^{+0,046}$ з шорсткістю Ra1,6, та допуском співвісності 0,03;
- зубчаста поверхня 6-8 з шорсткістю Ra0,8;
- канавка 9 $\varnothing 47,8^{+0,062}$, 2,1^{+0,1} з шорсткістю Ra1,6 та допуском биття 0,06;
- внутрішня циліндрична поверхня 12 $\varnothing 42,3^{+0,062}$ з шорсткістю Ra2,5, та допуском співвісності 0,03
- отвір 13 $\varnothing 22^{+0,052}$ з шорсткістю Ra2,5 та допуском симетричності 0,08;
- різьбовий отвір 14 M24x1,5 з шорсткістю Ra3,2 та допуском співвісності 0,1;
- торцева внутрішня поверхня 18 11_{-0,1} з шорсткістю Ra1,6 та допуском перпендикулярності 0,02.

Доступ різального та вимірювального інструментів до оброблюваних та контрольованих поверхонь вільний.

Аналіз точності деталі проводимо за різними показниками:

- з точки зору форми деталь рейка-поршень УЯИШ 716652.70 нетехнологічна, оскільки, має внутрішні циліндричні переривчасті поверхні та зубчасту поверхню;
- з точки зору коефіцієнта використання матеріалу для деталі:

$$K_{BM} = \frac{M}{M_M},$$

де: M - маса деталі;

M_M - маса заготовки.

$$K_{BM} = \frac{6,94}{19,764} = 0,35$$

Так, як $K_{BM} < 0,5$, деталь є нетехнологічною.

- з точки зору отримання заготовки деталь технологічна, так як необхідне застосування поковки простої циліндричної форми;
- з точки зору базування – на двох операціях механічної обробки деталь базується по центрових отворах, а на всіх інших – по торцевій та зовнішній циліндричній поверхнях;
- з точки зору використання металорізальних верстатів деталь є технологічною, це обумовлено тим, що на більшості операцій використовуються універсальні верстати;
- з точки зору використання різальних інструментів, деталь є технологічною. На більшості операціях механічної обробки застосовуються стандартизовані різальні інструменти, та інструменти фірми Korloy;
- з точки зору використання затискних та вимірювальних пристроїв деталь є нетехнологічною, це обумовлено тим, що деталь вимагає спеціальних затискних та вимірювальних пристроїв для контролю деяких параметрів точності.

Проведений аналіз показав, що деталь рейка-поршень є нетехнологічною.

2.2. Аналіз діючого технологічного процесу

Технологічний процес механічної обробки рейки-поршня УЯИШ 716652.70 складається з 27 операцій механічної обробки.

При виготовленні деталі дотримується принцип єдності технологічних та конструкторських баз, деталь на всіх операціях чорнових, чистових та проміжних оброблюється в пристосуваннях.

При розробці нового технологічного процесу деталі рейка-поршень планується об'єднати в одну 010 токарну з ЧПУ операцію, яка виконується на токарному обробному з ЧПУ центрі моделі PUMA 2100MS ф. Doosan такі операції: 010, 015 та 025 токарні, 020 та 040 свердлильні, 030 круглошліфувальну, 035 плоскошліфувальну, 045 токарну з ЧПУ.

На 010 та 015 операціях механічної обробки свердяться центрувальні отвори, а на 020 свердлильній операції виконується свердління отвору на торцевій поверхні деталі, які використовуються як базові поверхні на 025 токарній та 030 круглошліфувальній операціях. Отвір, що виконується на 020 операції більше не приймає участі у базуванні деталі, та на 050 відрізній операції при вирізанні уступу, зрізається великий шар металу і отвір разом з ним.

Обробка деталі на проектуємій 010 токарній з ЧПУ операції буде відбуватися із перестановкою деталі в контршпіндель. Базування деталі буде здійснюватись по зовнішній циліндричній поверхні та торцю. Отже, в проектуємому технологічному процесі свердління вищезазначених отворів на торцевих поверхнях деталі є не доцільним.

Шліфувальну обробку зовнішньої циліндричної поверхні та торця, що виконується на 030 та 035 операціях, планується замінити на тонке точіння на 010 токарній з ЧПУ операції механічної обробки.

2.3. Вибір заготовки та способу її виготовлення

Метод отримання заготовок для деталей машин визначається призначенням та конструкцією деталі, матеріалом, технічними вимогами, а також економічністю. Для раціонального вибору заготовки необхідно одночасно враховувати всі вище наведені данні, так як між ними існує тісний взаємозв'язок. Деталь рейка-поршень виготовляється зі сталі 25ХГТ за ГОСТ4543-71.

Хімічний склад та механічні властивості матеріалу деталі рейка-поршень наведено в таблицях 2.2 та 2.3 відповідно.

Таблиця 2.2

Хімічний склад матеріалу деталі рейка-поршень

Марка матеріалу	Вміст елементів, %					
	C	Si	Mn	Ti	Cr	Cu
Сталь 25ХГТ ГОСТ4543-71	0,22-0,29	0,17-0,37	0,8-1,1	0.03-0.09	1-1,3	до 0,3

Таблиця 2.3

Механічні властивості матеріалу деталі рейка-поршень

Марка матеріалу	δ_T	δ_B	Твердість, НВ
	МПа	МПа	
Сталь 25ХГТ ГОСТ4543-71	980	1270	240...300

Сталь 25ХГТ використовується для деталей, які працюють при великих швидкостях, середніх та високих питомих опорах, при наявності ударних навантажень: вали, що обертаються в підшипниках ковзання, зубчастих колесах, черв'яках, кулачкових муфтах і втулках. Застосовують, коли вимагається висока твердість поверхні та зносостійкість деталей, якщо необхідна досить висока міцність та в'язкість. Вміст хрому в сталі значно зміцнює її.

Враховуючи конструктивну форму деталі рейка-поршень та її службове призначення, обираємо метод отримання заготовки з прутка.

Пруток, який максимально наближений до розмірів деталей, дозволяє з найменшими витратами виготовляти вироби.

Заміна прутка на сортовий прокат (з осьовим отвором) дає можливість

виготовляти деталі з меншими припусками на обробку центрального отвору.

На підставі аналізу деталі рейка-поршень по кресленню, довідковій літературі, обираємо два види отримання відливки: пруток та сортовий прокат.

Щоб остаточно переконатись в правильності вибраного методу отримання заготовки, проведемо вартісний аналіз двох варіантів.

Вартість заготовки з прутка визначається за формулою:

$$S_{\text{заг}} = QS - (Q - q) \cdot \frac{S_{\text{відх}}}{1000},$$

де: Q - маса заготовки;

S - ціна 1 кг матеріалу заготовки;

q - маса деталі;

$S_{\text{відх}}$ - вартість 1 т відходів.

$$S_{\text{заг1}} = 19,764 \cdot 23,5 - (19,764 - 6,94) \cdot \frac{3530}{1000} = 484,16 \text{ грн.}$$

Вартість заготовки при сортовому прокаті:

$$S_{\text{заг2}} = QS - (Q - q) \cdot \frac{S_{\text{відх}}}{1000},$$

$$S_{\text{заг2}} = 18,769 \cdot 23,5 - (18,769 - 6,94) \cdot \frac{3530}{1000} = 399,31 \text{ грн.}$$

$$E_3 = (484,16 - 399,31) \cdot 4800 = 407280 \text{ грн.}$$

Виходячи з цього, остаточно приймаємо метод отримання заготовки деталі рейка-поршень – сортовий прокат.

2.4. Вибір методів обробки поверхонь деталі

Сучасна теорія технології машинобудування представляє побудову оптимального технологічного процесу виготовлення деталі як направлений пошук з використанням багатьох конструктивних, функціональних, економічних особливостей та обмежень, а також особливостей керування і організації виробництва. На більшість цих особливостей великий вплив має підмножина маршрутів обробки окремих поверхонь

деталі. Таку підмножину маршрутів можна визначити виходячи з необхідної точності та шорсткості оброблюваних поверхонь деталей та точності заготовки.

В деталі рейка-поршень, неодноразовій механічній обробці підлягають зовнішня циліндрична поверхня 2, а також внутрішні циліндричні поверхні 4 та 12, для яких і проводимо розрахунки.

Загальне уточнення розраховується за формулою:

$$\epsilon_3 = \delta_3 / \delta_d,$$

де: δ_3 - допуск на розмір поверхні заготовки, яка підлягає неодноразовій механічній обробці;

δ_d - допуск на розмір тієї ж поверхні, після її обробки.

При обробці поверхні 2, допуск на деталь становить $\delta_d = 0,035$ мм, а допуск на заготовку $\delta_3 = 1$ мм.

Вибираємо два маршрути обробки поверхні.

Перший маршрут відповідає базовому технологічному процесу. Він складається з:

- точіння чорнового $\delta_1 = 0,4$ мм
- точіння напівчистового $\delta_2 = 0,2$ мм
- шліфування попереднього $\delta_3 = 0,05$ мм
- шліфування чистового $\delta_4 = 0,035$ мм

Другий маршрут складається з:

- точіння чорнове $\delta_1 = 0,4$ мм
- точіння чистове $\delta_2 = 0,16$ мм
- точіння тонке $\delta_3 = 0,063$ мм
- шліфування чистове $\delta_4 = 0,035$ мм

Загальне уточнення $\epsilon_3 = 28,57$.

Частинні коефіцієнти уточнення розраховуються за формулою:

$$\epsilon_i = \delta_i / \delta_{i+1},$$

$$\epsilon_1 = 1/0,4=2,5$$

$$\epsilon_2 = 0,4/0,2=2$$

$$\epsilon_3 = 0,2/0,05=4$$

$$\varepsilon_4 = 0,05/0,035=1,43$$

$$П\varepsilon=2,5*2*4*1,43=28,6$$

Розрахунки маршрутів обробки інших поверхонь деталі рейка-поршень наведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4

Таблиця технологічних маршрутів обробки поверхонь деталі рейка-поршень

Позначення поверхні	Допуск на поверхню по кресленню, δ_d мм	Шорсткість поверхні, R_a мкм	Допуск на заготовку по поверхні, δ_z мм	Загальне уточнення ε_z	Можливі технологічні маршрути обробки поверхні		Економічні допуски на проміжні методи обробки	Частинні коефіцієнти уточнення	$П\varepsilon_i = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 \cdot \dots \cdot \varepsilon_i$
					№	Зміст маршруту			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	0,035	0,8	1	28,57	1	Точіння чорнове	0,4	2,5	28,6
						Точіння напівчистове	0,2	2	
						Шліфування попереднє	0,05	4	
						Шліфування чистове	0,035	1,43	
					2	Точіння чорнове	0,4	2,5	28,57
						Точіння чистове	0,16	2,5	
						Точіння тонке	0,063	2,54	
						Шліфування чистове	0,035	1,8	
4	0,046	1,6	0,52	11,304	1	Розсвердлювання	0,62	0,839	11,31
						Розсвердлювання	0,7	0,886	
						Розточування напівчистове	0,2	3,5	
						Розточування чистове	0,05	4	
						Шліфування попереднє	0,046	1,087	
					2	Розточування чорнове	0,25	2,08	11,29
						Розточування чистове	0,12	2,083	
						Розточування тонке	0,074	1,62	
						Шліфування попереднє	0,046	1,609	
12	0,062	1,6	0,52	8,4	1	Розточування чорнове	0,62	0,839	8,4
						Розточування чистове	0,1	6,2	
						Шліфування	0,062	1,61	
					2	Розточування чорнове	0,16	3,25	8,39
						Розточування чистове	0,062	2,58	

Як видно з розрахунків, для поверхні 2 оптимальним є маршрут №2, при якому $\varepsilon_{\text{заг}} = П\varepsilon_i$. Для поверхні 4 оптимальним є маршрут №1, при якому $\varepsilon_{\text{заг}} < П\varepsilon_i$. Для поверхні 12 оптимальним є маршрут №1, при якому $\varepsilon_{\text{заг}} = П\varepsilon_i$.

2.5. Розробка маршрутів виготовлення деталі

Маршрут обробки деталей рейка-поршень будуюмо з урахуванням обраних маршрутів обробки окремих поверхонь, типу виробництва, технологічних можливостей вибраних металорізальних верстатів, технічних вимог та розмірних зв'язків на кресленні деталі. Його зміст приводимо як послідовність назв технологічних операцій, використовуваних верстатів та короткий зміст технологічних переходів.

Розроблені маршрути обробки наведено в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5

Таблиця технологічних маршрутів обробки деталі

Маршрутний технологічний процес	
базовий	проектуємий
1	2
Рейка-поршень УЯИШ 716652.70	
001 Транспортна Електрокар Транспортувати пруток на дільницю механічної обробки	001 Транспортна Електрокар Транспортувати прокат на дільницю механічної обробки
005 Відрізна BS-250-SSV Відрізний Відрізати заготовку.	005 Відрізна BS-250-SSV Відрізний Відрізати заготовку.
010 Токарна 1K625 Токарний Точити торець, свердлити центрувальний отвір, точити зовнішню циліндричну поверхню.	010 токарна з ЧПУ PUMA 2100MS Токарний з ЧПУ Установ А Точити зовнішню циліндричну поверхню начорно, точити зовнішню циліндричну поверхню начисто, точити зовнішню циліндричну поверхню тонко, підрізати торець начорно, точити фаску, підрізати торець начисто, розсвердлити отвір, розточити отвір, розточити канавку, розточити виточки, точити фаску в отворі. Установ Б Точити зовнішню циліндричну поверхню начорно, точити зовнішню циліндричну поверхню начисто, точити зовнішню циліндричну поверхню тонко, підрізати торець, точити фаску.
015 Токарна 1K625 Токарний Точити торець, свердлити центрувальний отвір, точити зовнішню циліндричну поверхню.	
020 Свердлильна 2H135 Свердлильний Свердлити отвір, зенкувати фаску.	
025 Токарна 1K625 Токарний Точити зовнішню циліндричну поверхню на прохід, точити дві фаски.	
030 Круглошліфувальна 3M152B Круглошліфувальний Шліфувати зовнішню циліндричну поверхню, шліфувати торець	

1	2
035 Плоскошліфувальна 3E711 Плоскошліфувальний Шліфувати торець.	
040 Свердлильна 2Н135 Свердлильний Свердлити отвір на прохід, розсвердлити отвір на прохід, розсвердлити отвір.	
045 Токарна з ЧПУ 16А20Ф3 Токарний з ЧПУ Розточити отвір, розточити канавку, розточити виточки, точити фаску.	
050 Відрізна BS-250-SSV Відрізний Вирізати уступ.	015 Відрізна BS-250-SSV Відрізний Вирізати уступ.
055 Фрезерна з ЧПУ 6Т13Ф3 Фрезерний з ЧПУ Фрезерувати поверхню.	020 Фрезерна з ЧПУ 6Т13Ф3 Фрезерний з ЧПУ Фрезерувати поверхню.
060 Фрезерна з ЧПУ 6Т13Ф3 Фрезерний з ЧПУ Фрезерувати ступінчасту поверхню.	025 Фрезерна з ЧПУ 6Т13Ф3 Фрезерний з ЧПУ Фрезерувати ступінчасту поверхню.
065 Фрезерна з ЧПУ 6Т13Ф3 Фрезерний з ЧПУ Фрезерувати похилу поверхню.	030 Фрезерна з ЧПУ 6Т13Ф3 Фрезерний з ЧПУ Фрезерувати похилу поверхню.
070 Фрезерна з ЧПУ ГФ2171С5 Фрезерний з ЧПУ Фрезерувати три впадини зубчастої рейки (попередньо, кінцево).	035 Фрезерна з ЧПУ ГФ2171С5 Фрезерний з ЧПУ Фрезерувати три впадини зубчастої рейки (попередньо, кінцево).
075 Фрезерна ОММ67 Фрезерний Фрезерувати паз.	040 Фрезерна ОММ67 Фрезерний Фрезерувати паз.
080 Токарна з ЧПУ 16А20Ф3 Токарний з ЧПУ Розточити отвір на прохід, розточити виточку, точити зовнішню канавку.	045 Токарна з ЧПУ 16А20Ф3 Токарний з ЧПУ Розточити отвір на прохід, розточити виточку, точити зовнішню канавку.
085 Фрезерна з ЧПУ 6Т13Ф3 Фрезерний з ЧПУ Розточити отвір.	050 Фрезерна з ЧПУ 6Т13Ф3 Фрезерний з ЧПУ Розточити отвір.
090 Фрезерна з ЧПУ ИС-500 ПМФ3 Фрезерний обробний центр з ЧПУ Свердлити, зенкерувати та розвернути два отвори на прохід послідовно з поворотом деталі. Розсвердлити, зенкерувати, розсвердлити два отвори послідовно з поворотом деталі. Нарізати різьбу в двох отворах послідовно з поворотом деталі. Фрезерувати 2 паза послідовно з поворотом деталі.	055 Фрезерна з ЧПУ ИС-500 ПМФ3 Фрезерний обробний центр з ЧПУ Свердлити, зенкерувати та розвернути два отвори на прохід послідовно з поворотом деталі. Розсвердлити, зенкерувати, розсвердлити два отвори послідовно з поворотом деталі. Нарізати різьбу в двох отворах послідовно з поворотом деталі. Фрезерувати 2 паза послідовно з поворотом деталі.

1	2
095 Свердлильна 2Н135 Свердлильний Свердлити отвір а прохід з двох сторін. Зенкувати дві фаски з поворотом деталі. Цекувати два заглиблення з поворотом деталі.	060 Свердлильна 2Н135 Свердлильний Свердлити отвір а прохід з двох сторін. Зенкувати дві фаски з поворотом деталі. Цекувати два заглиблення з поворотом деталі.
100 Свердлильна 2Н135 Свердлильний Нарізати різьбу з двох сторін послідовно.	065 Свердлильна 2Н135 Свердлильний Нарізати різьбу з двох сторін послідовно.
105 Плоскошліфувальна 3Е711В Плоскошліфувальний Шліфувати торець.	070 Плоскошліфувальна 3Е711В Плоскошліфувальний Шліфувати торець.
110 Внутрішньошліфувальна з ЧПУ 3М227ВФ2 Внутрішньошліфувальний з ЧПУ Шліфувати отвір на прохід, шліфувати отвір, шліфувати торець.	075 Внутрішньошліфувальна з ЧПУ 3М227ВФ2 Внутрішньошліфувальний з ЧПУ Шліфувати отвір на прохід, шліфувати отвір, шліфувати торець.
115 Круглошліфувальна напівавтоматна 3М151В Круглошліфувальний напівавтомат Шліфувати зовнішній діаметр.	080 Круглошліфувальна напівавтоматна 3М151В Круглошліфувальний напівавтомат Шліфувати зовнішній діаметр.
120 Плоскошліфувальна 3Е711В Плоскошліфувальний Шліфувати торець.	085 Плоскошліфувальна 3Е711В Плоскошліфувальний Шліфувати торець.
125 Плоскошліфувальна з ЧПУ ОШ-620.5 Ф3 Плоскошліфувальний з ЧПУ Шліфувати профіль зубців.	090 Плоскошліфувальна з ЧПУ ОШ-620.5 Ф3 Плоскошліфувальний з ЧПУ Шліфувати профіль зубців.
130 Координатно-шліфувальна 3283 Координатно-шліфувальний Шліфувати канавку.	095 Координатно-шліфувальна 3283 Координатно-шліфувальний Шліфувати канавку.
135 Універсально-заточна 3М642 Універсально-заточний Полірувати 2 радіуси.	100 Універсально-заточна 3М642 Універсально-заточний Полірувати 2 радіуси.
140 Промивка ГМ752 Миюча машина Промити деталь	105 Промивка ГМ752 Миюча машина Промити деталь
145 Контрольна Стіл контролера Перевірити розміри	110 Контрольна Стіл контролера Перевірити розміри
150 Транспортна Електрокар Транспортувати деталі на дільницю зборки	115 Транспортна Електрокар Транспортувати деталі на дільницю зборки

2.6. Вибір технологічних баз

Забезпечення технічних вимог, які висуваються до деталі здійснюють вибором раціональної схеми базування деталі під час її механічної обробки.

Схема базування заготовки на верстатах повинна забезпечити достатню жорсткість встановлення заготовки, а також задану точність орієнтації її в пристрої, та надійність закріплення.

Вибір технологічних баз починають з чорнової бази - бази на першій операції технологічного процесу, призначення якої - забезпечити отримання чистових технологічних баз для наступних операцій. При виборі чорнової технологічної бази необхідно виходити із забезпечення більш рівномірного зняття припуску з найбільш точних і важливих для деталі поверхонь.

При виборі технологічних баз необхідно керуватися принципами суміщення та постійності баз. При вимушеній зміні баз, доцільно переходити від менш точної базової поверхні до більш точної.

При обробці деталі рейка-поршень на 005, 010, 015, 030, 040 та 075 операціях в якості базових використовуються зовнішня циліндрична та торцева поверхні. На 020 та 035 операціях базовими поверхнями є зовнішня циліндрична, внутрішня циліндрична та торцева. На 025 операції – зовнішня та внутрішня циліндричні поверхні. На 045 операції – зовнішня циліндрична поверхня та вінець зубчастої рейки. На 050 операції – торцеві поверхні, отвір. На 055 операції – торцева поверхня, отвір, зубчастий вінець. На 060 та 065 операціях – зовнішня циліндрична поверхня, торець, зубчастий вінець. На 070, 085, 090 та 095 операціях – торець внутрішньої поверхні, зовнішня циліндрична поверхня, зубчастий вінець. На 080 та 100 операціях – торець внутрішньої поверхні, торцева та внутрішня циліндрична поверхні.

2.7. Розробка структури технологічних операцій і вибір обладнання для їх здійснення

На підставі технологічного маршруту обробки деталі, маршрутів обробки окремих поверхонь та аналізу простановки розмірів з урахуванням технічних вимог до окремих поверхонь, розробляється структура та зміст кожної операції із зазначенням її номера та найменування.

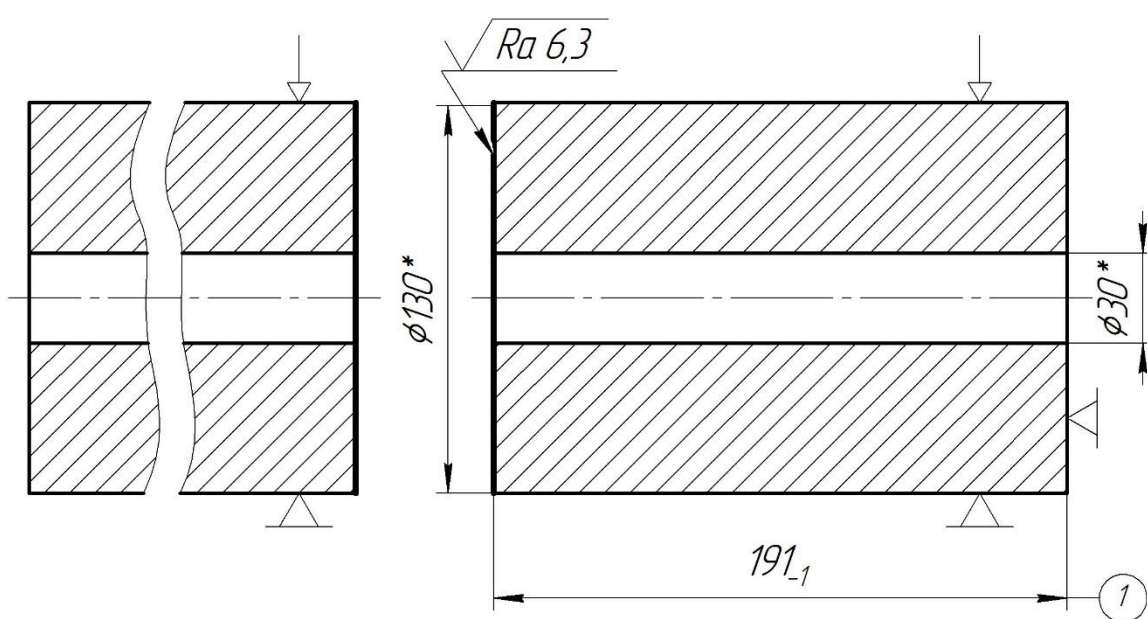
Структура та зміст технологічних операцій деталі рейка-поршень наведені в таблиці 2.6.

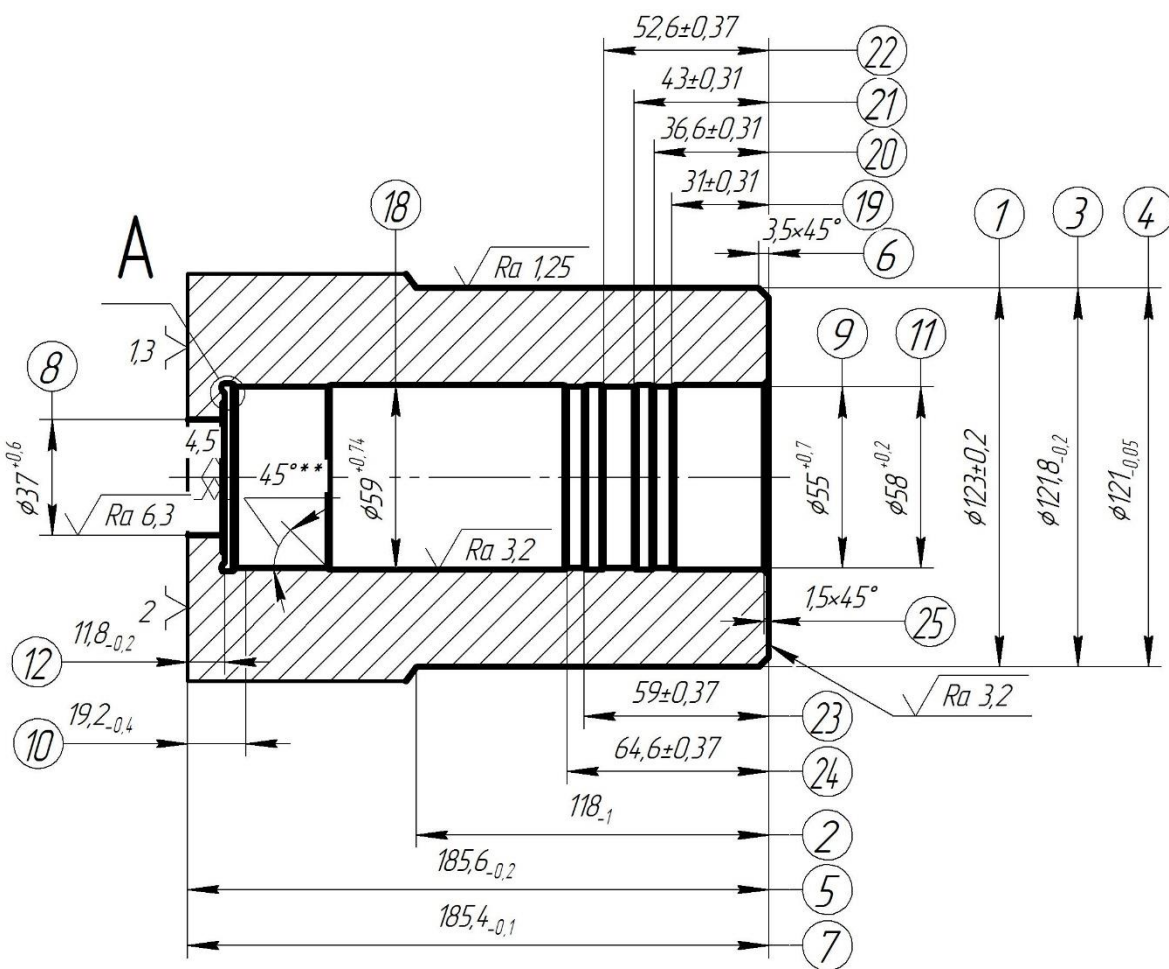
Тип та модель використовуваних металорізальних верстатів визначаємо відповідно обраному методу обробки поверхонь, їх точності та типу виробництва, враховуючи розміри заготовки. Моделі верстатів та їх технічні характеристики вибираємо з каталогів та довідників.

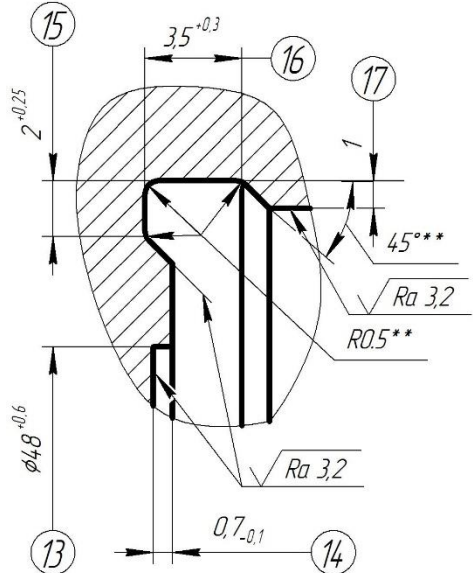
Вибрані верстати наведені у таблиці 2.7.

Таблиця 2.6

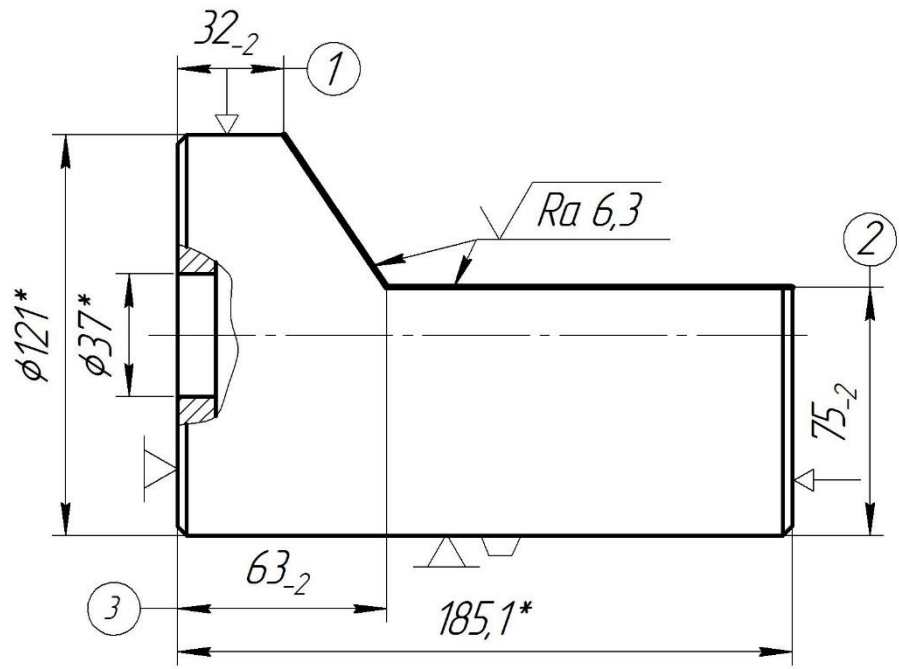
Структура та зміст технологічних операцій обробки рейки-поршня УЯИШ 716652.70

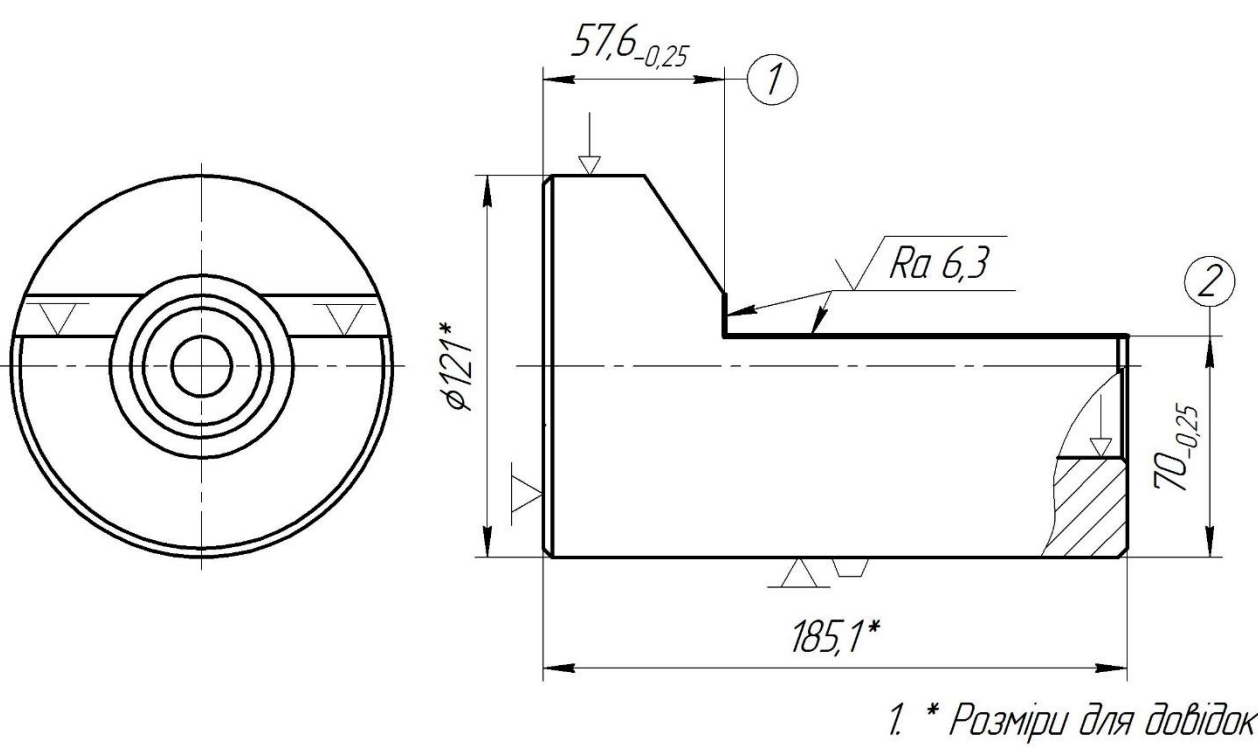
№ та назва операції	Модель верста-ту, назва	ОПЕРАЦІЙНИЙ ЕСКІЗ	Зміст операції
1	2	3	4
005 Відрізна	BS-250-SSV Відрізний	 1. * Розміри для довідок	1. Встановити та закріпити прокат. 2. Відрізати заготовку, витримуючи розмір 1. 3. Відкріпити та зняти заготовку.

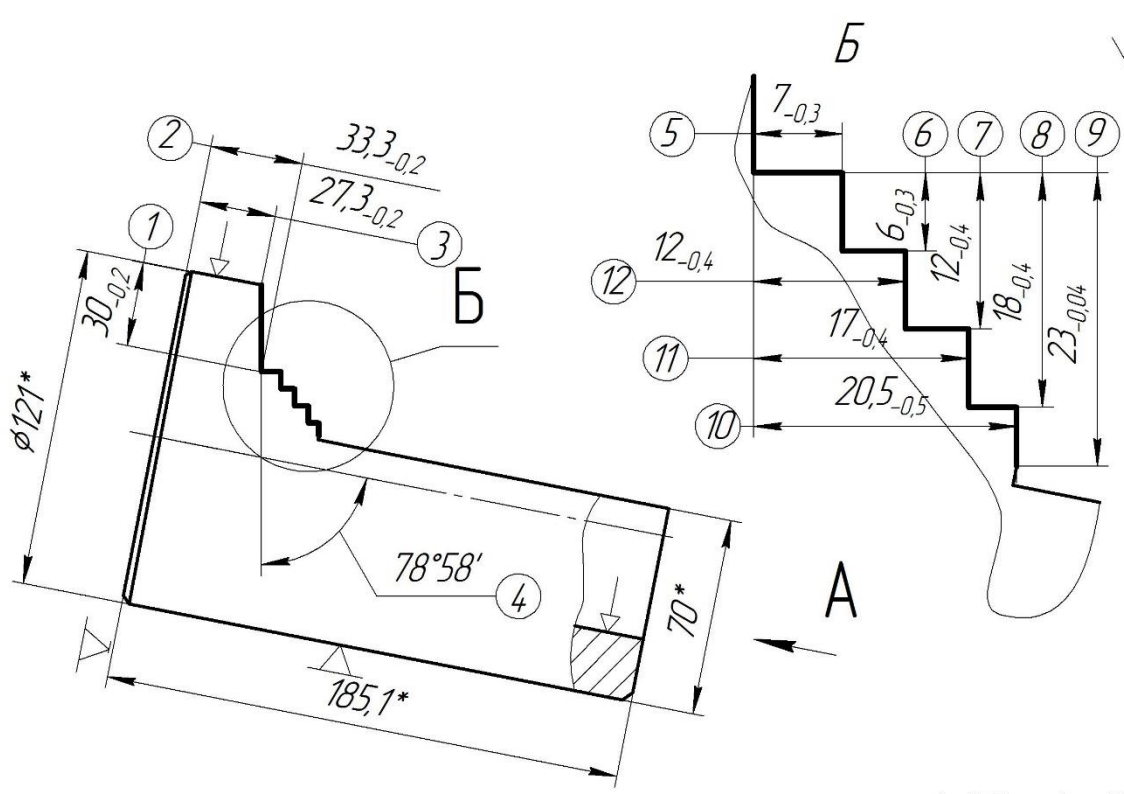
1	2	3	4
010 Токарна з ЧПУ	PUMA 2100MS Токарний з ЧПУ	<i>Установ А</i> 	Установ А 1. Встановити та закріпити заготовку. 2. Точити зовнішню циліндричну поверхню начорно, витримуючи розміри 1, 2. 3. Точити зовнішню циліндричну поверхню начисто, витримуючи розміри 2, 3. 4. Точити зовнішню циліндричну поверхню тонко, витримуючи розміри 2, 4. 5. Підрізати торець начорно, точити фаску, витримуючи розміри 5, 6. 6. Підрізати торець начисто, витримуючи розмір 7.

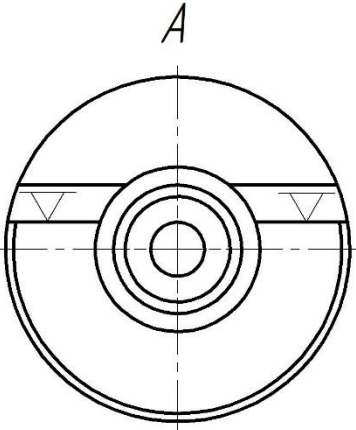
1	2	3	4
		<i>A (10:1)</i>  1. * Розміри для довідок 2. ** Розміри забезпечуються інструментом	7. Розсвердлити отвір, витримуючи розміри 7, 8. 8. Розсвердлити отвір, витримуючи розміри 9, 10. 9. Розточити отвір, витримуючи розміри 11, 12, 13, 14. 10. Розточити канавку, витримуючи розміри 12, 15, 16, 17. 11. Розточити виточки, витримуючи розміри 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24. 12. Точити фаску в отворі, витримуючи розміри 18, 25.

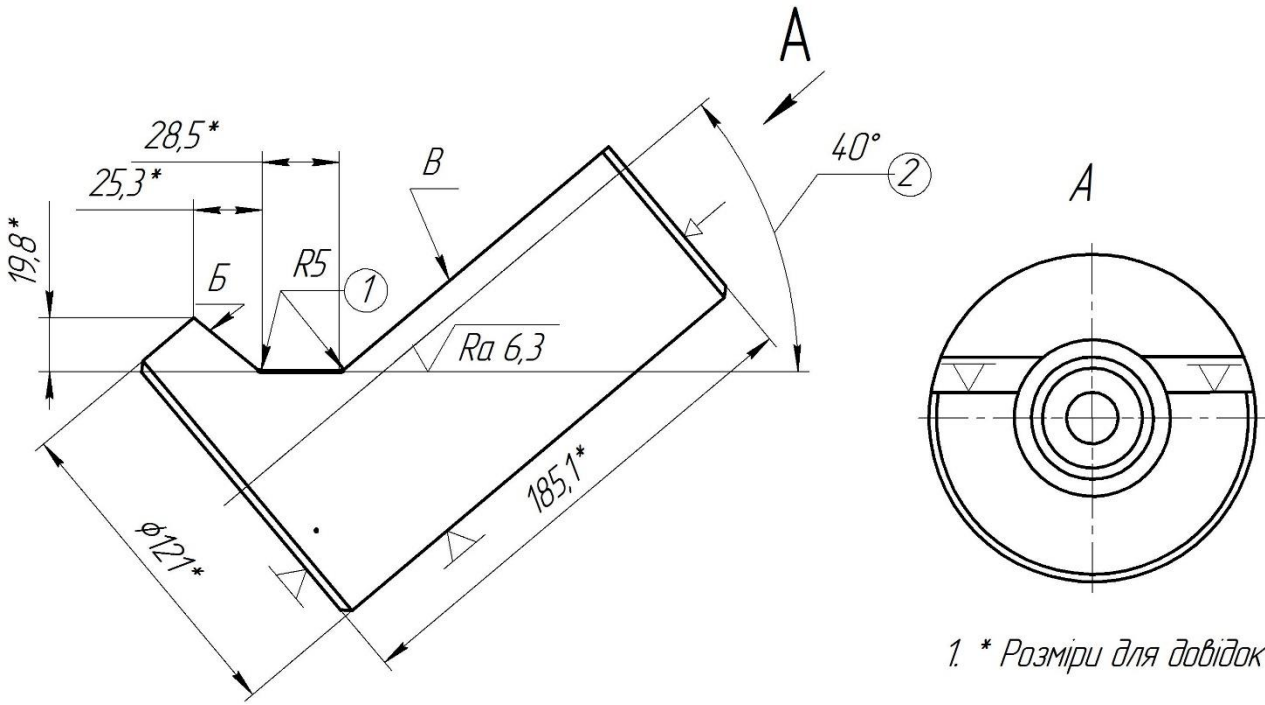
1	2	3	4
		<i>Установ Б</i> 1. * Розміри для довідок 2. ** Розміри забезпечуються інструментом	Установ Б 13. Перевстановити та закріпити деталь. 14. Точити зовнішню циліндричну поверхню начорно, витримуючи розміри 26, 27. 15. Точити зовнішню циліндричну поверхню начисто, витримуючи розміри 27, 28. 16. Точити зовнішню циліндричну поверхню тонко, витримуючи розміри 27, 29. 17. Підрізати торець, точити фаску, витримуючи розміри 30, 31. 18. Відкріпити та зняти деталь.

1	2	3	4
015 Відрізна	BS-250-SSV Відрізний	 1. * Розміри для довідок	1. Встановити та закріпити деталь. 2. Вирізати уступ, витримуючи розміри 1, 2, 3. 3. Відкріпити та зняти деталь.

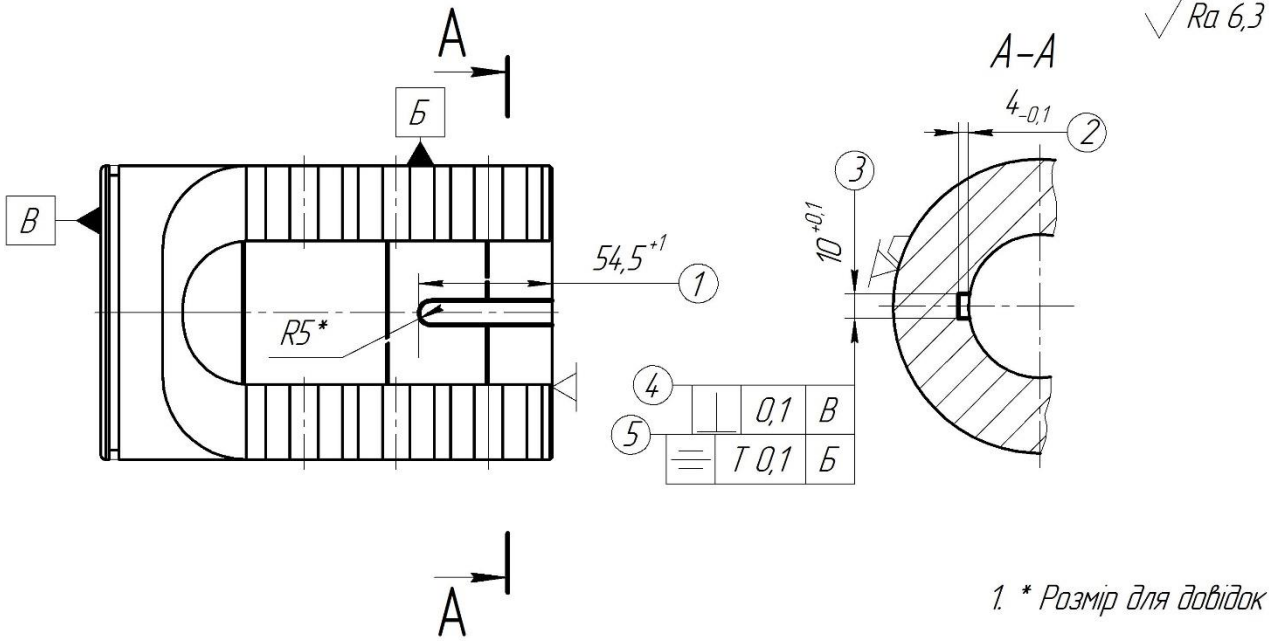
1	2	3	4
020 Фрезерна з ЧПУ	6Т13Ф3 Фрезерний з ЧПУ	 1. * Розміри для довідок	1. Встановити та закріпити деталь. 2. Фрезерувати поверхню, витримуючи розміри 1, 2. 3. Відкріпити та зняти деталь.

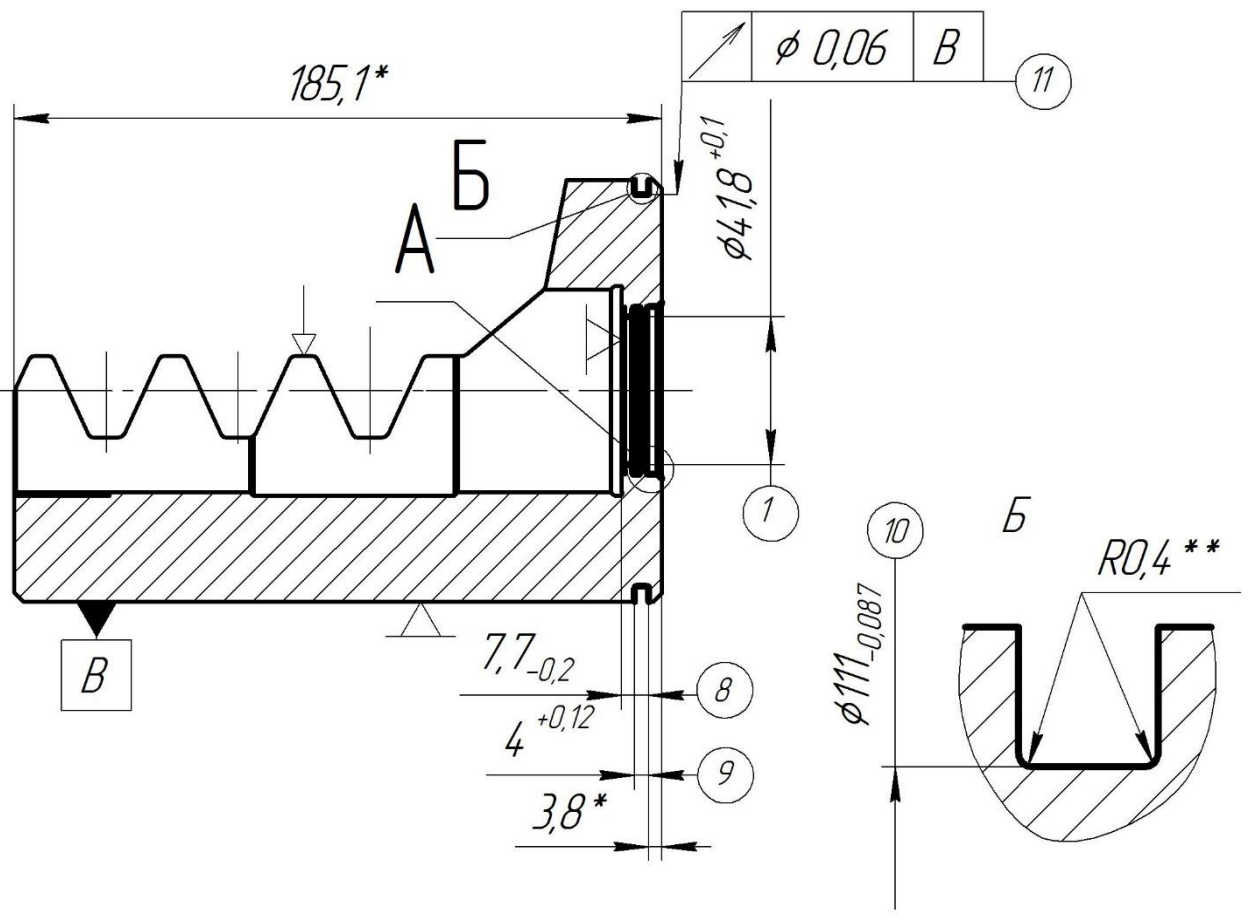
1	2	3	4
025 Фрезерна з ЧПУ	6Т13Ф3 Фрезерний з ЧПУ	 1. * Розміри для довідок	1. Встановити та закріпити деталь. 2. Фрезерувати ступінчасту поверхню, витримуючи розміри 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12. 3. Відкріпити та зняти деталь.

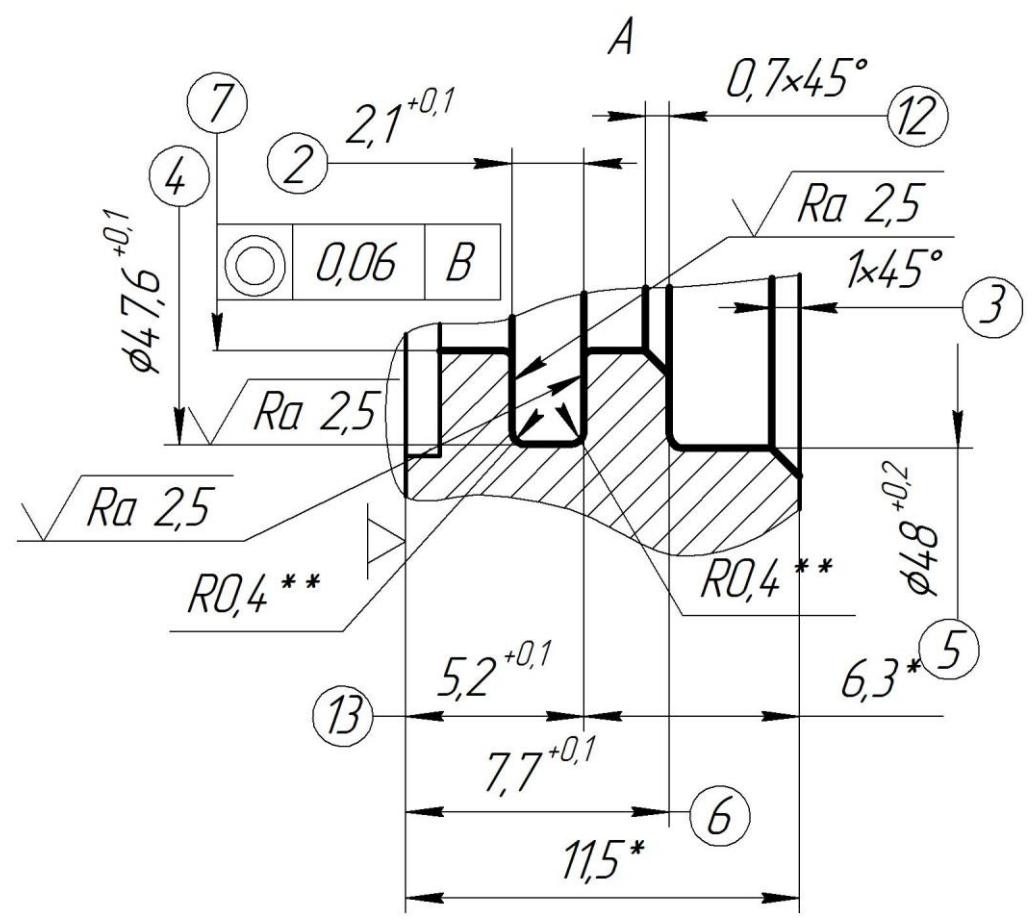
1	2	3	4
			

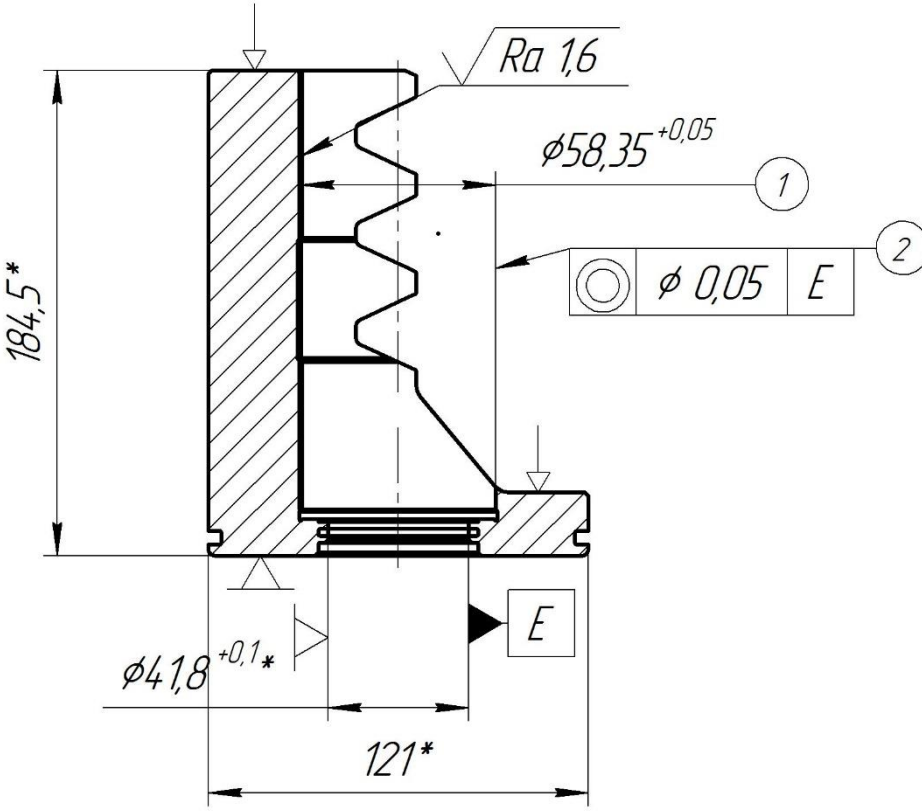
1	2	3	4
030 Фрезерна з ЧПУ	6Т13Ф3 Фрезерний з ЧПУ	 1. * Розміри для довідок	1. Встановити та закріпити деталь. 2. Фрезерувати похилу поверхню заодно з поверхнями Б та В, витримуючи розміри 1, 2. 3. Відкріпити та зняти деталь.

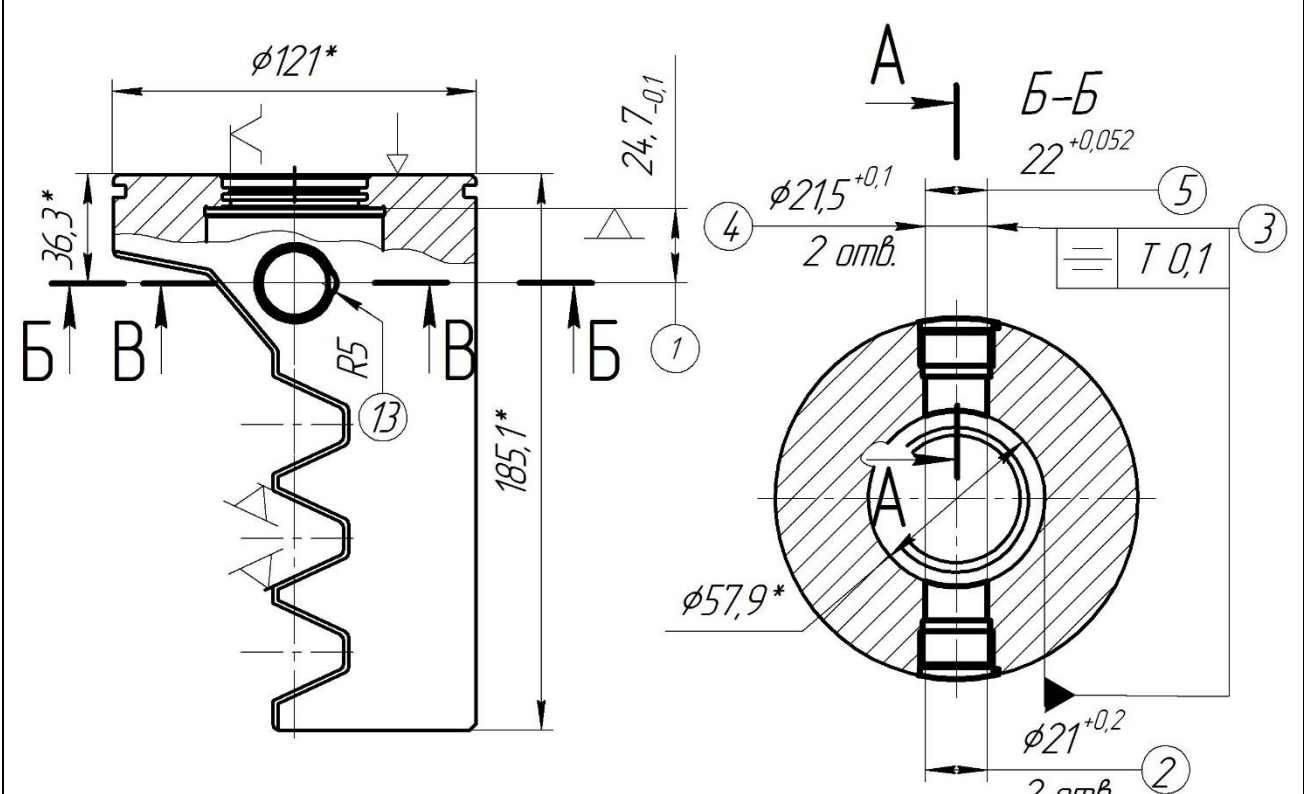
1	2	3	4
035 Фрезерна з ЧПУ	ГФ2171С5 Фрезерний з ЧПУ	$\sqrt{Ra\ 3,2}$ Роліки III-26,069 кл.0 ГОСТ 2475-88 1. * Розміри для довідок	1. Встановити та закріпити деталь. 2. Фрезерувати три впадини зубчатої рейки попередньо, витримуючи розміри 1, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10. 3. Фрезерувати три впадини зубчатої рейки кінцево, витримуючи розміри 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8. 4. Відкріпити та зняти деталь.

1	2	3	4
040 Фрезерна	ОММ67 Фрезерний	 1. * Розмір для довідок	1. Встановити та закріпити деталь. 2. Фрезерувати паз, витримуючи розміри 1, 2, 3, 4, 5. 3. Відкріпити та зняти деталь.

1	2	3	4
045 Токарна з ЧПУ	16A20Ф3С9 Токарний з ЧПУ	 1. * Розміри для довідок	1. Встановити та закріпити деталь. 2. Розточити отвір на прохід, витримуючи розмір 1. 3. Розточити виточку, витримуючи розміри 2, 3. 4. Розточити внутрішню канавку, витримуючи розміри 4, 5, 6, допуск 7. 5. Точити зовнішню канавку, витримуючи розміри 8, 9, 10, допуск 11. 6. Точити дві фаски послідовно, витримуючи розміри 3, 12.

1	2	3	4
		 Technical drawing of a mechanical part, likely a bracket or support, showing dimensions and surface finish requirements. The drawing includes the following features: Dimensions: - Overall width: $11,5^*$ - Overall height: $6,3^*$ - Top flange width: $2,1^{+0,1}$ - Top flange thickness: $0,7 \times 45^\circ$ - Bottom flange width: $5,2^{+0,1}$ - Bottom flange thickness: $1,1^{+0,1}$ - Bottom flange radius: $R0,4^{**}$ - Bottom flange hole diameter: $\phi 4,8^{+0,2}$ - Bottom flange hole position: $6,3^*$ - Bottom flange hole diameter: $\phi 4,8^{+0,2}$ - Bottom flange hole position: $6,3^*$ - Bottom flange hole diameter: $\phi 4,8^{+0,2}$ - Bottom flange hole position: $6,3^*$ - Bottom flange hole diameter: $\phi 4,8^{+0,2}$ - Bottom flange hole position: $6,3^*$ Surface Finish: - Top flange: $Ra 2,5$ - Bottom flange: $Ra 2,5$ - Bottom flange hole: $Ra 2,5$ Callouts: 7: Top flange 4: Top flange hole 2: Top flange hole diameter 12: Top flange hole position 3: Bottom flange 5: Bottom flange hole 6: Bottom flange hole diameter 13: Bottom flange hole position	7. Відкріпити та зняти деталь.

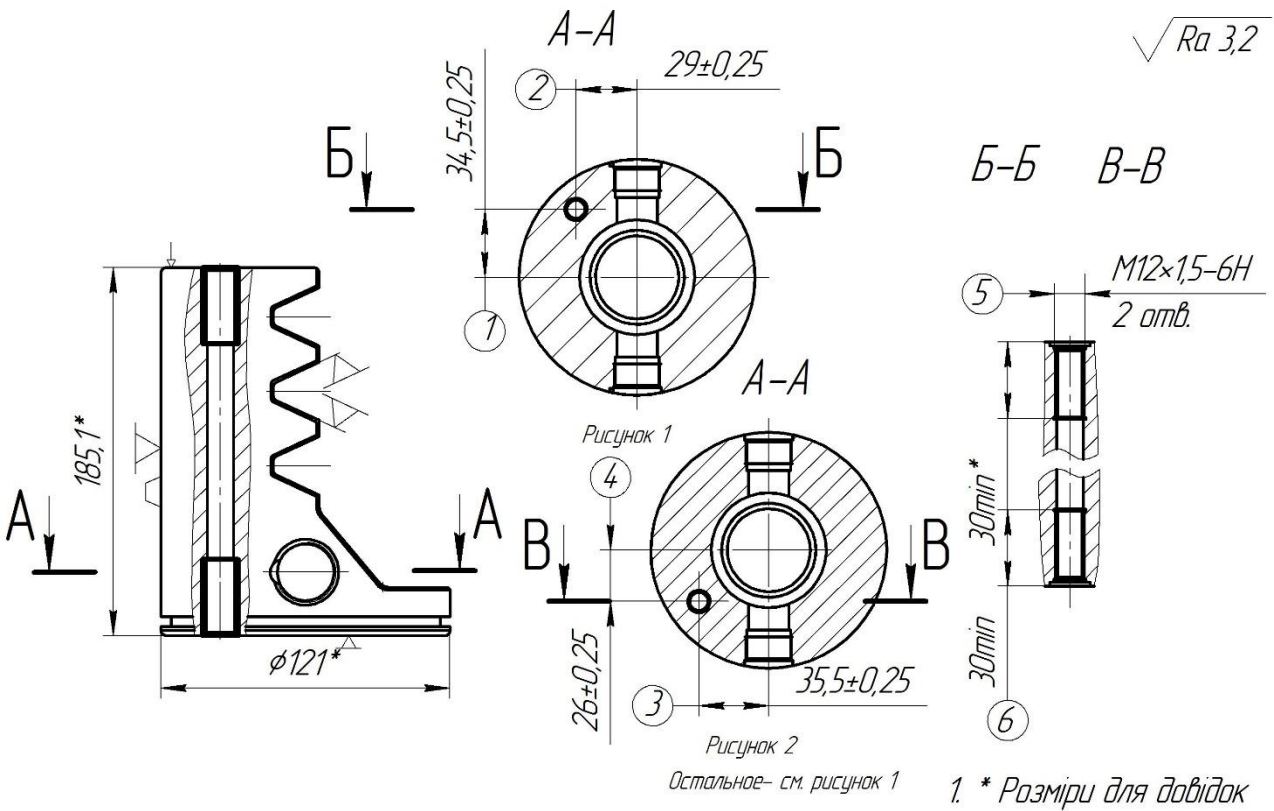
1	2	3	4
050 Токарна з ЧПУ	6Т13Ф3 Фрезерний з ЧПУ	 1. * Розміри для довідок	1. Встановити та закріпити деталь. 2. Розточити отвір, витримуючи розмір 1, допуск 2. 3. Відкріпити та зняти деталь.

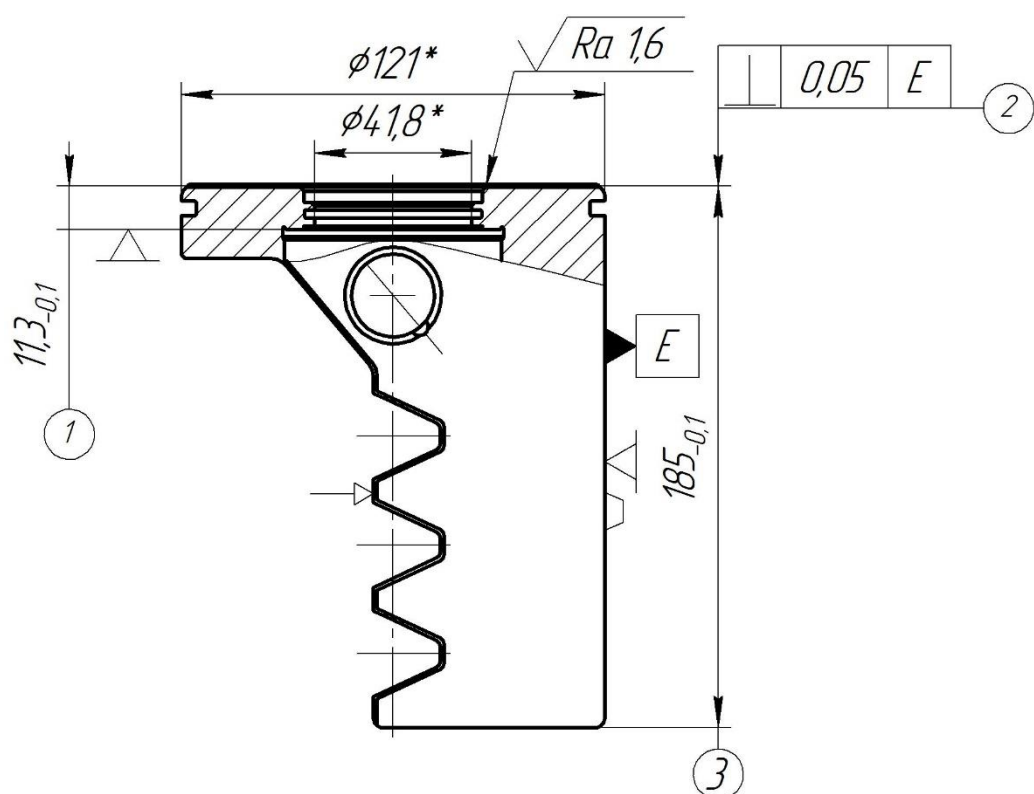
1	2	3	4
055 Фрезерна з ЧПУ	ИС-500 ПМФ3 Фрезерний обробний центр з ЧПУ	 1. * Розміри для довідок	1. Встановити та закріпити деталь. 2. Свердлити 2 отвори на прохід до отвору $\varnothing 57,9$, послідовно з поворотом деталі, витримуючи розміри 1, 2, допуск 3. 3. Зенкерувати 2 отвори на прохід до отвору $\varnothing 57,9$, послідовно з поворотом деталі, витримуючи розміри 1, 4, допуск 3. 4. Розвернути 2 отвори на прохід до отвору $\varnothing 57,9$, послідовно з поворотом деталі, витримуючи розміри 1, 5, допуск 3. 5. Розсвердлити 2 отвори послідовно з поворотом деталі, витримуючи розміри 1, 6, 7, допуск 3.

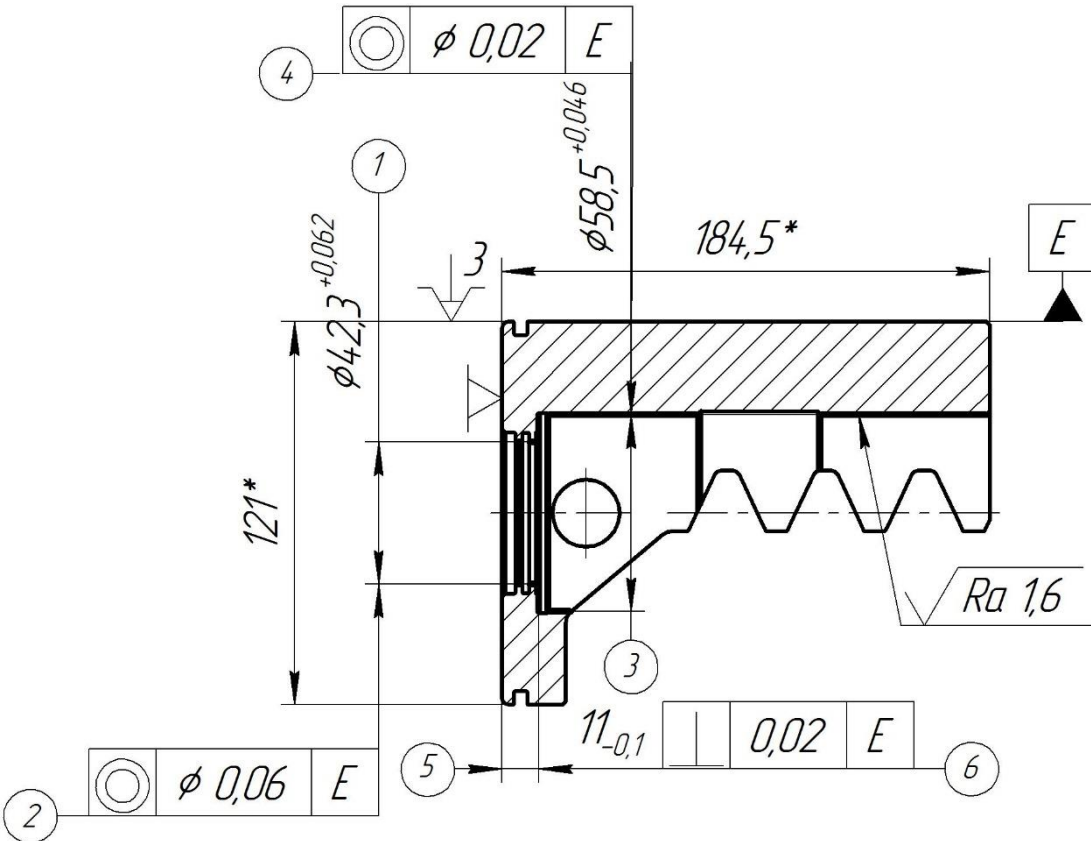
Продовження табл. 2.6

1	2	3	4
		A-A $\sqrt{Ra\ 3,2}$ B-B 1. * Розміри для довідок	6. Зенкерувати 2 отвори послідовно з поворотом деталі, витримуючи розміри 1, 7, 8, допуск 3. 7. Розсвердлити 2 отвори послідовно з поворотом деталі, витримуючи розміри 1, 9, 10, допуск 3. 8. Нарізати різьбу в 2 отворах послідовно з поворотом деталі, витримуючи розміри 1, 11, 12, допуск 3. 9. Фрезерувати 2 паза послідовно з поворотом деталі, витримуючи розміри 1, 13, 14, 15. 10. Відкріпити та зняти деталь.

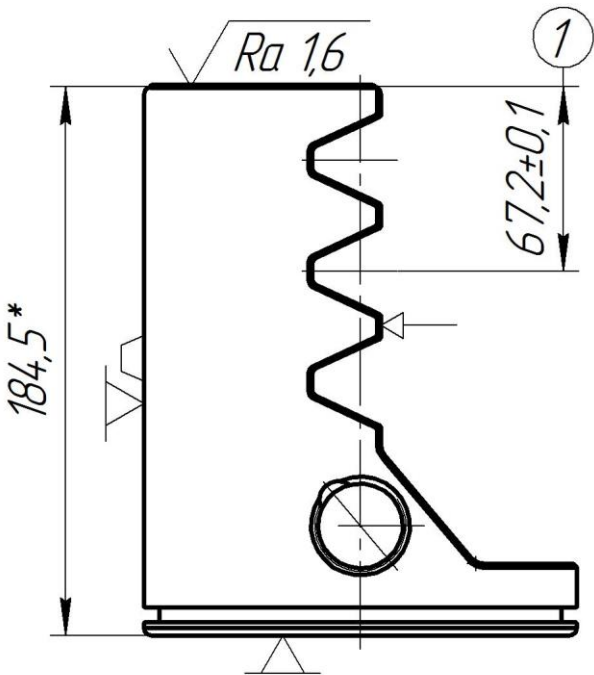
1	2	3	4
060 Свердильна	2Н135 Свердильний	Рисунок 1 Рисунок 2 1. * Розміри для довідок	1. Встановити та закріпити деталь. 2. Свердлити отвір на прохід з двох сторін, витримуючи розміри 1, 2, 3, 4, 5. 3. Зенкувати 2 фаски з поворотом деталі, витримуючи розмір 6. 4. Цекувати 2 заглиблення з поворотом деталі, витримуючи розміри 7, 8. 5. Відкріпити та зняти деталь.

1	2	3	4
065 Свердильна	2Н135 Свердильний	 1. * Розміри для довідок	1. Встановити та закріпити деталь. 2. Нарізати різьбу з двох сторін послідовно, витримуючи розміри 1, 2, 3, 4, 5, 6. 3. Відкріпити та зняти деталь.

1	2	3	4
070 Плоскошліфувальна	3E711 Плоскошліфувальний	 Technical drawing of a grinding wheel. The drawing shows a cross-section of the wheel with a central hole. Key dimensions and features include: - Outer diameter: $\phi 121^*$ - Inner diameter: $\phi 41,8^*$ - Surface texture: $Ra 1,6$ - Callout 1: $11,3_{-0,1}$ (pointing to the top edge) - Callout 2: $0,05 \ E$ (pointing to the top edge) - Callout 3: $185_{-0,1}$ (pointing to the side edge) - Feature: A circular hole with a crosshair center mark. - Feature: A wavy line representing a grinding track. - Feature: A square feature labeled E. 1. * Розміри для довідок	1. Встановити та закріпити деталь. 2. Шліфувати торець, витримуючи розміри 1, 3, допуск 2. 3. Відкріпити та зняти деталь.

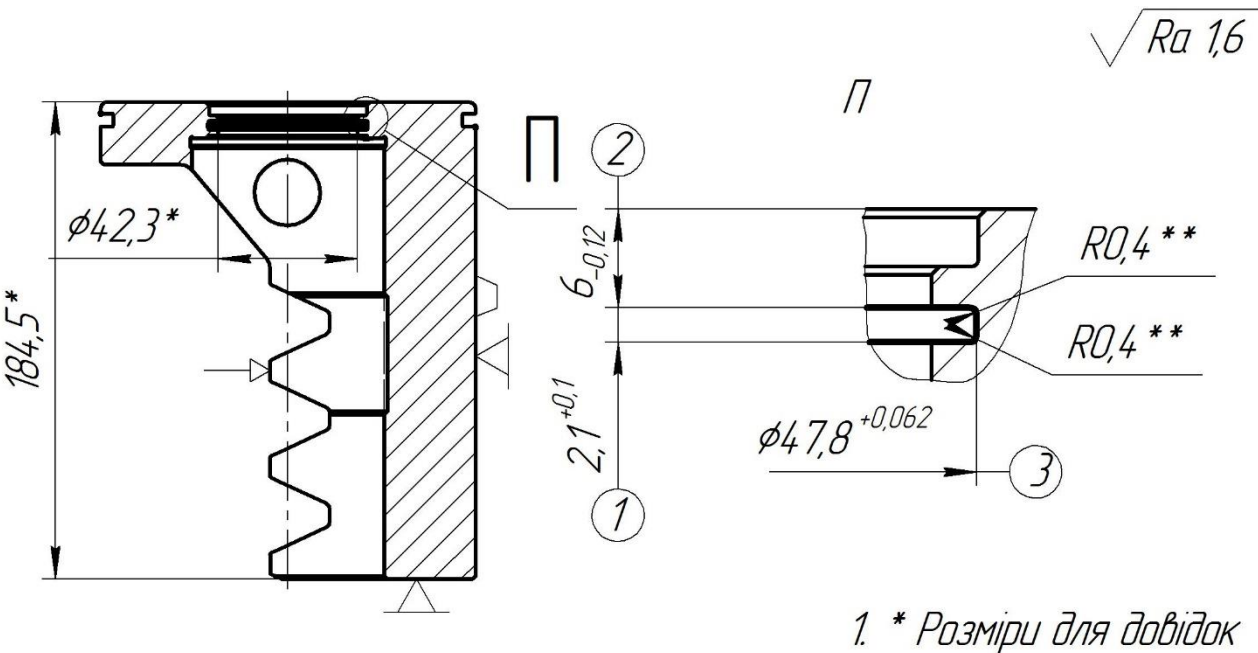
1	2	3	4
075 Внутрішньошліфувальна з ЧПУ	3М227ПФ2 Внутрішньошліфувальний з ЧПУ	 1. * Розміри для довідок	1. Встановити та закріпити деталь. 2. Шліфувати отвір на прохід, витримуючи розмір 1, допуск 2. 3. Шліфувати отвір, витримуючи розмір 3, допуск 4. 4. Шліфувати торець, витримуючи розмір 4, допуск 2. 5. Відкріпити та зняти деталь.

1	2	3	4
080 Круглошліфувальна напівавтоматна	ЗМ151В Круглошліфувальний напівавтомат	1. * Розміри для довідок	1. Встановити та закріпити деталь. 2. Шліфувати зовнішню циліндричну поверхню, витримуючи розмір 1, допуски 2, 3. 3. Відкріпити та зняти деталь.

1	2	3	4
085 Плоскошліфувальна	33E711 Плоскошліфувальний	 1. * Розміри для довідок	1. Встановити та закріпити деталь. 2. Шліфувати торець, витримуючи розмір 1. 3. Відкріпити та зняти деталь.

1	2	3	4
090 Плоскошліфувальна з ЧПУ	ОШ-620.5.Ф3 Плоскошліфувальний з ЧПУ	Technical drawing of a gear profile. The drawing shows a cross-section of a gear with a base diameter of $\phi 120^*$ and a total width of $184,5^*$. The gear has a series of teeth with a pitch diameter of $67,2 \pm 0,1$. The distance between the teeth is labeled P_n. The thickness of the teeth is labeled P. The drawing also shows a section with a 25° angle and a dimension of $0,493 \pm 0,025$. The surface finish is indicated as $\sqrt{Ra\ 0,80}$. The drawing is labeled with circled numbers 1 through 6. The text 'Ролики III-26,069 кл.0ϕ13,03 ГОСТ 2475-88' is also present.	1. Встановити та закріпити деталь. 2. Шліфувати профіль зубців, витримуючи розміри 1, 2, 3, 4, 5, 6. 3. Відкріпити та зняти деталь.

1. * Розміри для довідок

1	2	3	4
095 Координатно-шліфувальна	3283 Координатно-шліфувальний	 1. * Розміри для довідок	1. Встановити та закріпити деталь. 2. Шліфувати канавку, витримуючи розміри 1, 2, 3. 3. Відкріпити та зняти деталь.

1	2	3	4
100 Універсально-заточна	3М642 Універсально-заточний	1. * Розміри для довідок	1. Встановити та закріпити деталь. 2. Полірувати 2 радіуса, витримуючи розмір 1. 3. Відкріпити та зняти деталь.

Таблиця 2.7

Металорізальні верстати для обробки деталі рейка-поршень УЯИШ 716652.70

№ операції	Модель та найменування верстату	Стисла технічна характеристика				
		Габаритні розміри робочого столу чи макс. діаметр обробки (мм)	Ряд частот обертання (хв ⁻¹)	Ряд подач (мм/об)	Потужність (кВт)	Габаритні розміри верстату (мм)
1	2	3	4	5	6	7
Рейка-поршень УЯИШ 716652.70						
005, 015	Відрізний BS-250 SSV	-	63-3150	28-790	0,75	2260x1000x1320
010	Токарний з ЧПУ PUMA 2100MS	406	4500		18,5	4030 x1900 x1900
020, 025, 030, 050	Фрезерний з ЧПУ 6T13Ф3	1600x400	40-2000	3-4800	12,2	2520x3200x3000
035	Фрезерний з ЧПУ ГФ2171С5	1600x400	50-2500	3-6000	12	3680x4170x3150
040	Фрезерний ОММ67	800x320	63-3150	16-500	6,9	1400x1680x1820
045	Токарний з ЧПУ 16A20Ф3	320	20-2500	Повзд. 10-2000 Попер. 5-1000	24	3700x3000x2100
055	Фрезерний обробний центр з ЧПУ ИС-500ПМФ3	500x500	8-4500	1-6000	72,8	4750x5813x2560
060, 065	Свердлильний 2Н135	450x500	31,5-1400	0,1-1,6	4	2535x825x1030
070, 085	Плоскошліфувальний 3Е711В	630 x200			8	2000x1770 x1920
075	Внутрішньошліфувальний з ЧПУ 3М227ВФ2	400	60-1200		9	2700x1320x1850

Продовження табл. 2.7

1	2	3	4	5	6	7
080	Круглошліфувальний н/а 3М151В	200	50-500	0,1-4,5	10	4605x2450 x2170
090	Плоскошліфувальний з ЧПУ ОШ-620.5 Ф3	400x800			5,5	3220x3100 x2140
095	Координатно-шліфувальний 3283	560x320	12000-96000		22	1600x1580 x2340
100	Універсально-заточний 3М642	500x250	2200-6400		3	1715x1810 x1635

2.8. Вибір затискних пристроїв

Тип та конструктивні особливості затискних пристроїв для виконання кожної технологічної операції визначають з урахуванням обраної теоретичної схеми базування деталей та типу виробництва.

Вибрані затискні пристрої та їх стисла характеристика наведені в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8

Затискні верстатні пристрої для деталі рейка-поршень УЯИШ 716652.70

Номер операції	Найменування пристрою	Стандарт (код)	Вид приводу
1	2	3	4
005	Тиски верстатні	Спец.	Ручний
010	Патрон	-	Пневматичний
015	Пристрій затискний	Спец.	Ручний
020	Пристрій затискний	Спец.	Ручний
025	Пристрій затискний	Спец.	Ручний
030	Пристрій затискний	Спец.	Ручний
035	Пристрій затискний	Спец.	Ручний
040	Пристрій затискний	Спец.	Ручний
045	Пристрій затискний	Спец.	Ручний
050	Пристрій затискний	Спец.	Ручний
055	Пристрій затискний	Спец.	Ручний
060	Пристрій затискний	Спец.	Ручний
065	Пристрій затискний	Спец.	Ручний
070	Пристрій затискний	Спец.	Пневматичний
075	Патрон	7100-0007 ГОСТ2678-80	Пневматичний

1	2	3	4
080	Оправка Центр Хомутик	Спец. 7032-0033 ГОСТ13214-79 7107-0067 ГОСТ16488-70	Ручний
085	Плита	7208-0011 ДСТУ3757-98	Ручний
090	Пристрій затискний	Спец.	Ручний
095	Пристрій затискний	Спец.	Ручний
100	Оправка	Спец.	Ручний

2.9. Вибір різальних інструментів

Враховуючи метод та стадію обробки, тип виробництва, фізико-хімічні характеристики матеріалу вихідної заготовки та інструменту, його міцність та стійкість, а також характер обробки обираємо для кожного переходу різучий інструмент.

В базовому технологічному процесі застосовується як стандартний різальний інструмент (який відповідає ГОСТу), так і різальний інструмент корейської фірми Korloy.

Характеристики вибраного інструменту для обробки поверхонь деталі рейка-поршень наведені в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9

Ріжучий інструмент для механічної обробки деталі

Номер		Найменування інструменту	Стандарт на конструкцію інструменту (код)	Різальна частина	
Операції	Переходу			Матеріал	Стандарт (ГОСТ)
1	2	3	4	5	6
005, 015	2	Полотно	SG-4I6P	-	-
010	2	Різець PSSNR	2525-M12	NC3120	-
	3	Різець PSSNR	2525-M12	NC3220	-
	4	Різець PSSNR	2525-M12	NC3010	-
	5	Різець PSSNR	2525-M12	NC3120	-
	6	Різець PSSNR	2525-M12	NC3220	-
	7	Свердло	2301-0087		ГОСТ 10903-77

1	2	3	4	5	6
010	8	Свердло	2301-0128		ГОСТ 10903-77
	9	Різець PDUNR-15	S32U	NC3220	-
	10	Різець канавковий профільний MGIUR	4025-3	NC3220	-
	11	Різець канавковий PDSNR-15	S32U	NC3220	-
	12	Різець розточувальний PDUNR-15	S32U	NC3220	-
	14	Різець PSSNR	2525-M12	NC3120	-
	15	Різець PSSNR	2525-M12	NC3220	-
	16	Різець PSSNR	2525-M12	NC3010	-
	17	Різець PSSNR	2525-M12	NC3220	-
020, 025	2	Фреза торцева	AMC 3100S	PC230	-
030	2	Фреза	SRD10	NC3020	-
035	2	Фреза модульна	-	P6M5	-
	3	Фреза модульна	-	P6M5	-
040	2	Фреза шпонкова	2234-0365	P6M5	ГОСТ 9140-78
045	2, 3, 6	Різець розточний	S12M	NC3020	-
	4	Різець профільний	MGIVR 2016-2	NC3020	-
	5	Різець канавковий	MGEHR 2525-4	NC3020	-
050	2	Розточувальна головка	HBIT 50	NC3020	-
055	2	Свердло	2301-3038	P6M5	ГОСТ 10903-77
	3	Зенкер	2320-5715	BK6	ГОСТ 3231-71
	4	Розвертка	2363-0384	P6M5	ГОСТ 1672-80
	5	Свердло	2301-3043	P6M5	ГОСТ 10903-77
	6	Зенкер	2320-5719	BK8	ГОСТ 3231-71
	7	Свердло	2301-0085	P6M5	ГОСТ 10903-77
	8	Мітчик	2620-1803.2	P6M5	ГОСТ 3266-81
	9	Фреза	SSE 2100	DLC	-
060	2	Свердло	2301-4049	P6M5	ГОСТ 2092-77
	3	Зенківка	2353-0135	P6M5	ГОСТ 14953-80
	4	Цековка	2350-0711	P6M5	ГОСТ 26258-87
065	2	Мітчик	2620-1505.2	P6M5	ГОСТ 3266-81
070	3	Круг шліфувальний	ПП 250x40x76	25A	ГОСТ 2424-83
075	2	Круг шліфувальний	ПП 32x32x10	25A	ГОСТ 2424-83
	3, 4	Круг шліфувальний	ПП 50x40x13	25A	ГОСТ 2424-83
080	2	Круг шліфувальний	ПП 600x80x305	25A	ГОСТ 2424-83
085	2	Круг шліфувальний	ПП 250x40x76	25A	ГОСТ 2424-83
090	2	Круг шліфувальний	ПП 450x32x127	25A	ГОСТ 2424-83
095	2	Круг шліфувальний	2720-0001	25A	ГОСТ 16167-90
100	2	Шліф. шкурка	2С 830x50	25A	ГОСТ 5009-82

2.10. Вибір вимірювальних пристроїв та інструментів

Засоби технічного контролю технічних операцій обираємо з урахуванням точності вимірювання, розміру та якості вимірювальної поверхні і типу виробництва. Вибрані засоби технічного контролю деталі рейка-поршень наведені в таблиці 2.10.

Таблиця 2.10

Вимірювальний інструмент і контрольні пристрої для деталі рейка-поршень

Номер		Параметр деталі, який контролюється	Найменування вимірювального інструменту	Стандарт на конструкцію
Операції	Пере ходу			
1	2	3	4	5
005	2	195 ₋₁	Лінійка 300	ГОСТ 427-75
010	7	Ø37 ^{+0,6}	Штангенглибиномір ШГ-200-0,1	ГОСТ162-90
	9	Ø58 ^{+0,2} Ø48 ^{+0,6} 0,7 _{-0,1}	Штангенциркуль ШЦЦ-I-150-0,1 Мікрометр канавковий МКН-25 Нутромір НИ-50-100-1 Штангенглибиномір ШГ-200-0,1	ГОСТ 166:2009 ГОСТ 868-82 ГОСТ162-90
	10	2 ^{+0,25} 3 ^{+0,3}	Нутромір НИ-50-100-1 Штангенглибиномір ШГ-200-0,1	ГОСТ 868-82 ГОСТ162-90
	11	Ø59 ^{+0,74}	Нутромір НИ-50-100-1	ГОСТ 868-82
	12	1,5x45 ⁰	Калібр кутовий	
	17	185,1 _{-0,05}	Штангенциркуль ШЦЦ-II-250-0,05	ГОСТ 166:2009
015	2	75 ₋₂	Штангенциркуль ШЦЦ-I-150-0,1	ГОСТ 166:2009
020	2	70 _{-0,25} 57,6 _{-0,25}	Штангенциркуль ШЦЦ-I-150-0,1 Штангенрейсмус ШР-250-0,05	ГОСТ 166:2009 ГОСТ 164-90
025	2	7 _{-0,3} ; 6 _{-0,3} ; 12 _{-0,4} ; 18 _{-0,4} ; 23 _{-0,04} ; 12 _{-0,4} ; 17 _{-0,4} ; 20,5 _{-0,5}	Штангенциркуль ШЦЦ-I-150-0,1	ГОСТ 166:2009
030	2	R5	Радіусний шаблон, набір №1 ТУ-2-034-228-87	
035	2	64±0,1 37,699±0,032 5,8 _{-0,3} 82,7 _{-0,2}	Пристрій вимірювальний Радіусний шаблон, набір №1 ТУ-2-034-228-87	
	3	80,6 _{-0,1} 0,49 _{-0,1}	Кінцеві міри 1-Н2 Мікрометр МЗ 100-1	ГОСТ 9038-90 ГОСТ 6507-90
040	2	R5 54,5 ⁺¹ 10 ^{+0,1}	Радіусний шаблон, набір №1 ТУ-2-034-228-87 Штангенциркуль ШЦЦ-II-250-0,05	ГОСТ 166:2009
045	2	Ø41,8 ^{+0,1}	Штангенциркуль ШЦЦ-II-250-0,05	ГОСТ 166:2009
	3	2,1 ^{+0,1}	Штангенциркуль ШЦЦ-I-125-0,1	ГОСТ 166:2009
	4	Ø47,6 ^{+0,1}	Мікрометр канавковий МКН-25	
	5	7,7 _{-0,2} 4 ^{+0,12} Ø111 _{-0,087}	При ПБ-500М	ТУ2-034-543-81

Продовження табл. 2.10

1	2	3	4	5
045	6	$0,7 \times 45^0$ $1,5 \times 45^0$	Штангенциркуль ШЦЦ-II-250-0,05	ГОСТ 166:2009
050	2	$\varnothing 58,35^{+0,05}$	Нутромір НИ 50-100-1	ГОСТ 868-82
055	3	$\varnothing 21,5^{+0,1}$	Штангенциркуль ШЦЦ-II-250-0,05 Штангенциркуль ШЦЦ-I-125-0,1	ГОСТ 166:2009
	4	$\varnothing 22^{+0,052}$	Штангенциркуль ШЦЦ-II-250-0,05	ГОСТ 166:2009
	5	$\varnothing 22^{+0,2}$	Штангенциркуль ШЦЦ-I-125-0,1	ГОСТ 166:2009
	6	$\varnothing 22,5^{+0,1}$	Штангенциркуль ШЦЦ-II-250-0,05 Штангенциркуль ШЦЦ-I-125-0,1	ГОСТ 166:2009
	8	M24x1,5-6H $16,5^{+0,2}$	Пробка 8221-3094 Глибиномір різьбовий	ГОСТ 17758-72
	9	$26,2_{-0,2}$ $4^{+0,2}$ R5	Штангенциркуль ШЦЦ-I-125-0, Радіусний шаблон, набір №1 ТУ-2-034-228-87	ГОСТ 166:2009
060	2	$\varnothing 10,5^{+0,1}$	Калібр-пробка для діам. 6-10 мм	
	3	$1,5 \times 45^0$	Калібр кутовий 2×45^0	
	4	$\varnothing 16$ 1,5	Штангенциркуль ШЦЦ-I-125-0,1	ГОСТ 166:2009
065	2	M12x1,5-6H 30	Пробка 8221-3094 Глибиномір різьбовий	ГОСТ 17758-72
070	2	$11,3_{-0,1}$ $185_{-0,1}$	Шупи-70, набір №2, кл. точн. 1 Профілограф-профілометр тип II Кутник УШ-1-250 Мікрометр МК200-1	ТУ2-034-225-87 ГОСТ 19300-86 ГОСТ 3749-77 ГОСТ 6507-90
075	2	$\varnothing 42,3^{+0,062}$	Калібр-пробка для діам. 30-50 мм Профілограф-профілометр тип II Прибор ПБ-500М	ГОСТ 19300-86 ТУ2-034-543-81
	3	$\varnothing 58,5^{+0,046}$	Нутромір НИ 50-100-1	ГОСТ 868-82
	4	$11_{-0,1}$	Мікрометр канавковий	
080	2	$\varnothing 120_{-0,036}^{-0,071}$	Мікрометр МК-125-1 Профілограф-профілометр тип II	ГОСТ 6507-90 ГОСТ 19300-86
085	2	$67,2 \pm 0,1$	Кінцеві міри 1-Н2 Профілограф-профілометр тип II Штангенциркуль ШЦЦ-II-250-0,05	ГОСТ 9038-90 ГОСТ 19300-86 ГОСТ 166:2009
090	2	$37,699 \pm 0,032$ $67,2 \pm 0,1$ $0,493 \pm 0,025$	Кінцеві міри 1-Н2 Профілограф-профілометр тип II Мікрометр МЗ 100-1	ГОСТ 9038-90 ГОСТ 19300-86 ГОСТ 6507-90
095	2	$2,1^{+0,1}$ $6_{-0,12}$ $\varnothing 47,8^{+0,062}$	Нутромір Мікрометр канавковий МКН-25 Штангенциркуль ШЦЦ-I-125-0,1	ГОСТ 166:2009

2.11. Визначення припусків та операційних розмірів деталей

Після вибору плану обробки поверхонь, розробки маршрутної технології, розраховуємо припуски на механічну обробку. Для розрахунку використовуємо методику В.М. Кована [5]. Аналітичне визначення припусків здійснюємо для зовнішньої циліндричної поверхні 2 деталі рейка-поршень $\varnothing 120_{-0,071}^{-0,036}$.

Мінімальний припуск на точіння чорнове:

$$2Z_{\min} = 2(R_z + T + \rho)$$

$$2Z_{\min} = 2(200 + 300 + 1820) = 2 \cdot 2320 \text{ мкм};$$

Мінімальний припуск на точіння чистове:

$$2Z_{\min} = 2(50 + 50 + 109) = 2 \cdot 209 \text{ мкм};$$

Мінімальний припуск на точіння тонке:

$$2Z_{\min} = 2(30 + 30 + 73) = 2 \cdot 133 \text{ мкм}$$

Мінімальний припуск на шліфування:

$$2Z_{\min} = 2(10 + 20 + 36) = 2 \cdot 66 \text{ мкм}$$

Таблиця 2.11

Карта розрахунку припусків на обробку поверхні

Технологічні переходи	Елементи припуску, мкм			Розрахунковий припуск $2Z_{\min}$, мкм	Розрахунковий мінімальний розмір, мм	Допуск на виготовлення δ , мкм	Граничні розміри, мм		Граничні значення припусків, мкм	
	R_z	T	ρ				$d_{\min}$	$d_{\max}$	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
Заготовка	200	300	1820	-	129	1000	129	130	-	-
Точіння чорнове	50	50	109	2·2320	122,74	400	122,8	123,2	4600	5200
Точіння чистове	30	30	73	2·209	121,57	200	121,6	121,8	400	600
Точіння тонке	10	20	36	2·133	120,95	50	120,95	121,0	330	480
Шліфування	5	15		2·66	119,929	35	119,929	119,964	141	156

Схему графічного розташування припусків і допусків для поверхні 2 деталі рейка-поршень $\varnothing 120_{-0,071}^{-0,036}$ представлено на рис. 2.1.

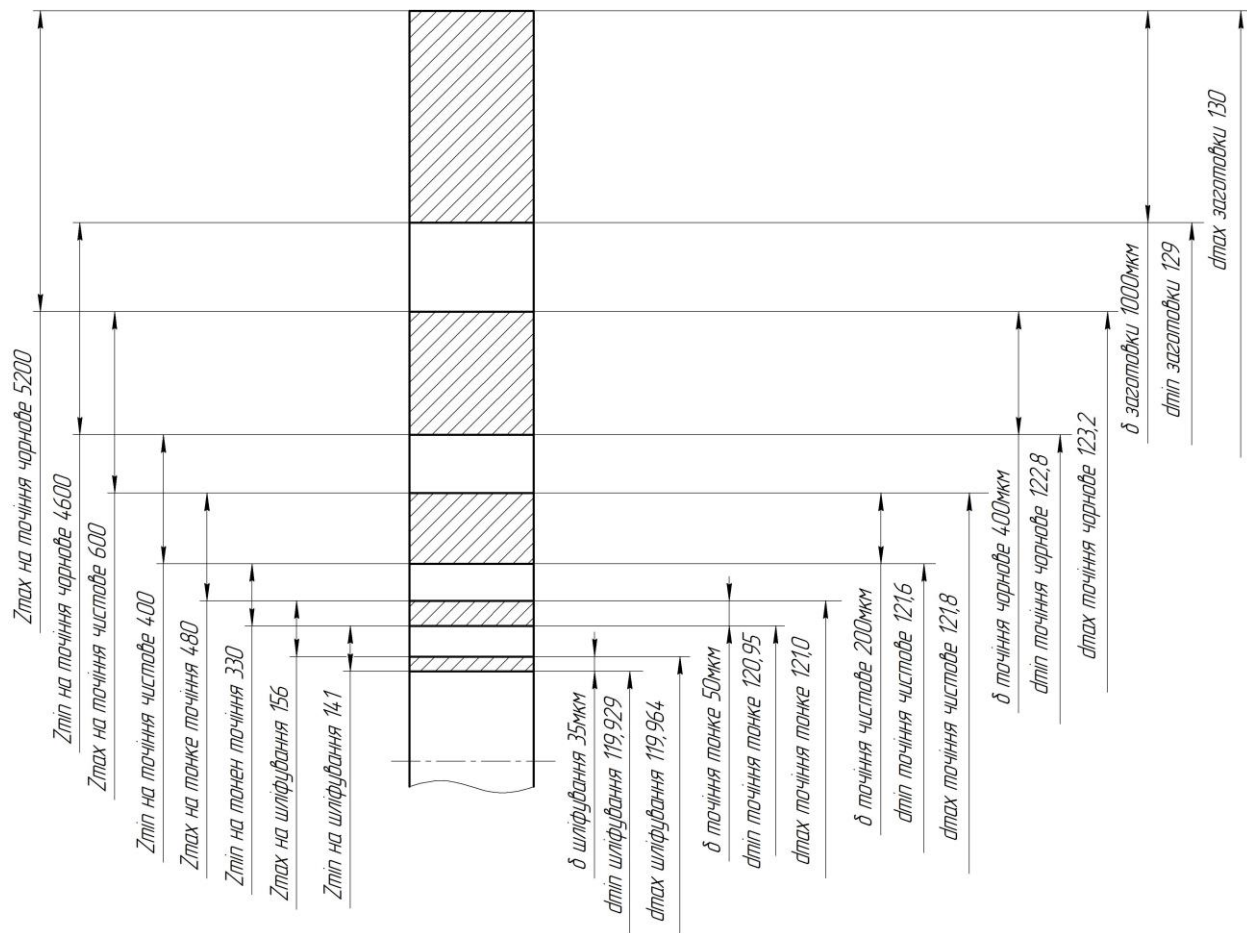


Рис. 2.1. Схема припусків на обробку поверхні $\varnothing 120^{+0,036}_{-0,071}$

На решту поверхонь деталі рейка-поршень припуски визначаємо за довідковими таблицями. Вибрані величини припусків подаємо у вигляді таблиці 2.12.

Таблиця 2.12

Зведена таблиця припусків на обробку деталі рейка-поршень

№ пов-ні	Найменування поверхні	Припуск $Z_{\min}$, мм	Технологічний допуск, мм
1	2	4	5
1, 1 ¹	Торцева	6,5	0,25
2	Зовнішня циліндрична	5	0,035
3	Канавка	4,5	0,087
4	Внутрішня циліндрична	14,25	0,046
5, 5 ¹	Внутрішня циліндрична	0,25	0,074
6, 7, 8	Зубчаста	30	0,5
9	Канавка	3,5	0,062
10	Внутрішня циліндрична	3,15	0,62
11	Канавка	3,15	0,62
12	Внутрішня циліндрична	6,15	0,062

1	2	3	4
13	Отвір	11	0,052
14	Різьба	1	6Н
15	Паз	3,5	0,3
16	Отвір	5,215	0,43
17	Різьба	0,75	6Н
18	Торець	0,3	0,1
19	Канавка	1	0,1

2.12. Визначення режимів різання

Розрахунок режимів різання здійснюємо розрахунково-аналітичним методом для 010 токарної з ЧПУ операції обробки деталі рейка-поршень. На решту операцій механічної обробки деталі рейка-поршень елементи режимів різання визначаємо за нормативними документами (довідниками та виробничими нормативами). Визначені величини елементів режимів різання деталі заносимо в таблицю 2.13.

Режими різання на переході де застосовується різальний інструмент ф.Korloy вибираємо із рекомендацій зазначених в каталогах інструменту [15]. В каталогах вказано рекомендовані значення подачі, глибини різання та швидкості різання. Необхідно виконати розрахунок частоти обертання шпинделя та відкоригувати значення швидкості різання.

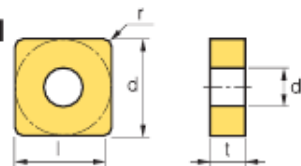
Враховуючи вище зазначене, із каталогів інструменту ф.Korloy (режим доступу до офіційного сайту <http://www.korloy.com/>) вибираємо режими різання.

Нижче представлена методика вибору режимів різання для переходу 2 – точіння зовнішньої циліндричної поверхні 010 токарної з ЧПУ операції механічної обробки деталі рейка-поршень. Оскільки на даному переході здійснюється чорнова обробка, із каталогу інструментів (рис. 2.2) обираємо різальну пластину SNMG 120408-B25 із покриттям.

Швидкість різання обираємо із каталогу (рис. 2.3) для покриття NC3120, яке призначено для чорнової обробки сталі.



Квадрат 90° Отрицательная геометрия



Обработка твердых материалов	Стали	P	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
------------------------------------	-------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Рис. 2.2. Рекомендовані режими різання при обробці різцями ф.Korloy

Классификация твердых сплавов

Обрабатываемый материал	Условия резания	Марка сплава	Скорость резания, м/мин	ISO	Область применения
P Сталь	Непрерывное резание	NC3010	300 (200–400)	P01	
				P10	NC3010
				P15	
	Прерывистое резание	NC3220 <i>New</i>	280 (150–380)	P20	NC3220
		NC3120	250 (150–350)		NC3120
		NC3030	200 (150–250)	P30	NC3030
		NC5330	190 (100–230)	P35	NC5330
		NC500H	100 (50–150)	P40	NC500H
M Нержавеющая сталь	Непрерывное резание	NC9025	140 (80–220)	M30	NC9025
	Прерывистое резание			M40	
K Чугун	Непрерывное резание	NC6205 <i>New</i>	450 (250–550)	K05	NC6205
		NC6210 <i>New</i>	350 (250–450)	K10	NC6210
	Прерывистое резание	NC315K	200 (150–250)	K20	NC315K
		NC5330	180 (130–230)	K30	NC5330
S HRSA	Непрерывное резание	NC5330	40 (20–60)	S20	NC5330
	Прерывистое резание			S30	

Рекомендации по выбору марки сплава с покрытием CVD

Марка сплава	ISO	Применение и физические характеристики
NC3010	P05 ~ P15	- Чистовая/получистовая обработка стали на высоких скоростях резания - Высокая стойкость за счет применения покрытия на основе Al_2O_3 - Покрытие серии MT: $TiCN + Al_2O_3 + TiN$
NC3220 <i>New</i>	P15 ~ P25	- Получистовая обработка сталей - Универсальная марка сплава, сочетающая в себе высокопрочную износостойкую основу и покрытие на основе Al_2O_3, препятствующее окислительному износу - Специальная технология нанесения последних слоев покрытия • $MT-TiCN + Al_2O_3 + TiN$
NC3120	P15 ~ P25	- Получистовая и черновая обработка стали - Оптимальное сочетание прочности основы и покрытия из окиси алюминия, обладающего большей устойчивостью - к выкрашиванию, что обеспечивает высокую стойкость СМП
NC3030	P25 ~ P35	- Универсальная (получистовая, черновая) обработка стали, нержавеющей стали. - Повышенная прочность твердосплавной основы - Покрытие серии MT: $TiCN + Al_2O_3 + TiN$
NC5330	P30 ~ P40 M25 ~ M35 K15 ~ K25 S15 ~ S25	- Нержавеющие стали/ Основное применение для мягких и ковких сталей - Покрытие серии MT: $TiCN + Al_2O_3 + TiN$

Рис. 2.3. Рекомендовані швидкості різання при обробці різцями ф.Korloy

Приймаємо необхідні величини режимів різання:

- подача - 0,4 мм/об
- глибина різання – 1,75 мм (кількість проходів - 2)
- швидкість різання - 150 м/хв.

Розраховуємо частоту обертання:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 150}{3,14 \cdot 130} = 367,5 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо $n_o = 367$ об/хв.

- Дійсна швидкість різання:

$$V_o = \frac{\pi \cdot D \cdot n_o}{1000} = \frac{3,14 \cdot 130 \cdot 367}{1000} = 149,8 \text{ м/хв.}$$

Методика вибору режимів різання для переходу 3 – чистове точіння зовнішньої циліндричної поверхні Ø10 токарної з ЧПУ операції механічної обробки деталі рейка-поршень. Обираємо різальну пластину SNMG 120408-B25 із покриттям NC3120 для чистової обробки.

Приймаємо необхідні величини режимів різання:

- подача - 0,2 мм/об
- глибина різання – 0,6 мм
- швидкість різання - 200 м/хв.

Розраховуємо частоту обертання:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 200}{3,14 \cdot 121,8} = 523 \text{ об/хв.}$$

Методика вибору режимів різання для переходу 4 – тонкого точіння зовнішньої циліндричної поверхні Ø10 токарної з ЧПУ операції механічної обробки деталі рейка-поршень. Обираємо різальну пластину SNMG 120408-B25 із покриттям NC3010 для тонкої обробки.

Приймаємо необхідні величини режимів різання:

- подача - 0,05 мм/об
- глибина різання – 0,4 мм
- швидкість різання - 220 м/хв.

Розраховуємо частоту обертання:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 220}{3,14 \cdot 121} = 579 \text{ об/хв.}$$

За таким же принципом приймаємо режими різання для виконання всіх інших переходів операцій механічної обробки поверхонь деталі рейка-поршень, на яких застосовується інструмент ф.Korloy.

Для переходів на яких застосовуються різальні інструменти виконані за ГОСТ, режими різання розраховуємо згідно [26].

Проводимо розрахунок режимів різання для переходу 7 на якому виконується розсвердлювання отвору:

- подача – 0,35 мм/об (табл. 25 [26])
- глибина різання – 3,5 мм
- довжина обробки – 185,4 мм
- Швидкість різання:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_v,$$

де: $C_v = 10,8$, $q = 0,6$, $x = 0,2$, $y = 0,3$, $m = 0,25$ (табл. 29 [26]);

T - період стійкості інструменту. $T = 35$ хв. (табл. 30 [26])

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{lv},$$

де: K_{mv} - коефіцієнт, який враховує якість оброблюваного матеріалу:

$$K_{mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v},$$

де: K_r - коефіцієнт, який характеризує групу сталі по оброблюваності (табл. 2 [26]).

$K_r = 0,7$;

n_v - показник степені табл. 2 [26]). $n_v = 1$

$$K_{mv} = 0,7 \left(\frac{750}{1270} \right)^1 = 0,41$$

K_{nv} - коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготовки (табл. 5 [26]). $K_{nv} = 1$;

K_{lv} - коефіцієнт, який враховує глибину оброблюваного отвору (табл. 31 [26]).

$K_{lv} = 0,75$

$$K_v = 0,41 \cdot 1 \cdot 0,75 = 0,31$$

$$V = \frac{10,8 \cdot 37^{0,6}}{35^{0,25} \cdot 3,5^{0,2} \cdot 0,35^{0,3}} \cdot 0,31 = 23 \text{ м/хв.}$$

- Частота обертання:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 23}{3,14 \cdot 37} = 198 \text{ об/хв.}$$

- Крутний момент:

$$M_{кр} = 10C_M \cdot D^q \cdot t^x \cdot s^y \cdot K_p$$

де: $C_M = 0,106$, $q = 1$, $x = 0,9$, $y = 0,8$, $m = 0,25$ (табл. 32 [26]);

$K_p = 1,48$ (табл. 9 [26])

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,106 \cdot 37^1 \cdot 3,5^{0,9} \cdot 0,35^{0,8} \cdot 1,48 = 77,16 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

- Потужність різання:

$$N = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{77,16 \cdot 198}{9750} = 1,57 \text{ кВт}$$

Таблиця 2.13

Режими різання на операціях механічної обробки деталі рейка-поршень

Номер		t, мм	Sмм/об Sмм/хв	V м/хв	n, хв. ⁻¹	to, хв
опе- рації	пере- ходу					
1	2	3	4	5	6	7
005	2	-	0,2	25	250	1,4
010	2	3,5	0,4	149,8	367	1,65
	3	0,6	0,2	200	523	1,16
	4	0,4	0,05	220	579	4,17
	5	5,4	0,2	179,8	470	3,3
	6	0,2	0,05	200	526	1,92
	7	3,5	0,35	23	198	2,71
	8	9	0,35	20	115	4,22
	9	1,5	0,2	190	1043	2,55
	10	1	0,11	114,8	630	0,26
	11	0,5	0,15	280	1511	0,6
	12	0,5	0,13	57,4	315	0,6
	14	3,5	0,4	149,8	367	1,06
	15	0,6	0,2	200	523	0,75
	16	0,4	0,05	220	579	2,7
	17	0,3	0,05	200	526	1,79
015	2	46	0,2	98,2	250	34,6
020	2	5	0,2	98,2	250	5,2
025	2	3	0,4	98,2	250	9,1
030	2	3	0,4	98,2	250	9,1
035	2	30	0,04	23,56	250	62
	3	1	0,2	23,56	250	12,4
040	2	1	0,1	31,4	1000	2,6
045	2	0,9	0,12	52,8	400	1,25
	3	1	0,11	30,2	200	0,27

	4	1	0,11	30,2	200	0,27
	5	4	0,11	18,1	50	1,8
	6	3	0,084	90	250	0,43
050	2	0,175	100	174	1000	1,4
055	2	10,5	0,15	16,5	250	1,8
	3	0,25	0,34	8,5	125	1,6
	4	0,15	0,34	8,5	125	1,6
	5	11	0,32	8,6	125	1,2
055	6	11,25	0,36	9	125	0,9
	7	3	0,37	8	90	0,36
	8	0,75	1,5	0,94	12,5	1,6
	9	5	0,11	39	1250	0,21
060	2	5	0,2	22,9	730	1,3
	3	5,25	0,1	23,4	710	2,8
	4	5,25	0,1	23,4	710	2,8
065	2	1	1,5	0,94	12,5	3,2
070	2	0,1	0,005	28,8	2200	11,4
075	2	0,25	0,005	28,8	2200	1,36
	3	0,075	0,005	28,8	2200	14
	4	0,3	0,001	24	9000	7,4
080	2	0,5	0,005	50	1590	29,87
085	2	0,3	0,005	28,8	2200	13,4
090	2	0,3	0,005	66	2800	65
095	2	0,2	0,001	10	12000	11
100	2	0,2	0,005	66	2800	7,71

2.13. Технічне нормування операцій

Норми часу на виконання операцій в масовому та серійному виробництві визначають розрахунково-аналітичним методом.

Виконуємо розрахунок норм часу на 010 токарну з ЧПУ операцію обробки деталі рейка-поршень.

Штучний час:

$$T_{шт} = (T_{ца} + T_{ДОП} \cdot K_{тв}) \cdot \left(1 + \frac{t_{ТО} + t_{орг} + t_{від}}{100} \right),$$

де: $T_{ца}$ – час циклу автоматичної роботи верстату за програмою, хв:

$$T_{ца} = t_O + T_{МД}$$

де: t_O – основний час на обробку однієї деталі, хв;

$T_{МД}$ – машинно-допоміжний час за програмою:

- час на зміну інструмента – 0,0025 хв;

- час на підведення та відведення інструмента – 0,034 хв;

- час технологічних пауз: перевстановлення деталі в контршпінделі – 0,3 хв. і т.п.), хв;

$$T_{MD} = 0,0025 \cdot 15 + 0,068 \cdot 15 + 0,3 = 1,36 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{ца}} = 29,44 + 1,36 = 30,8 \text{ хв.}$$

$T_{\text{ДОП}}$ – допоміжний час, хв:

$$T_{\text{ДОП}} = T_{\text{Д.В.}} + T_{\text{Д}} + T_{\text{Д.ВИМ.}}$$

де: $T_{\text{Д.В.}}$ – час на встановлення та зняття деталі (стор. 55 [19]), $T_{\text{Д.В.}} = 0,26$ хв;

$T_{\text{Д}}$ – допоміжний час, пов'язаний із операцією (стор. 79 [19]), хв;

$$T_{\text{Д}} = 0,32 + 0,15 + 0,03 = 0,5$$

$T_{\text{Д.ВИМ.}}$ – допоміжний неперекриваємий час на вимірювання (стор. 80, карта 15 [20]), хв;

$$T_{\text{Д.ВИМ.}} = 0,16 \cdot 5 + 0,1 + 0,13 \cdot 2 = 1,16$$

$$T_{\text{ДОП}} = 0,26 + 0,5 + 1,16 = 1,92$$

$K_{\text{ІВ}}$ – поправочний коефіцієнт на час виконання ручної допоміжної праці в залежності від партії оброблюваних деталей (стор. 50 [20]) $K_{\text{ІВ}} = 0,71$;

$t_{\text{ТО}}$ – час на технічне обслуговування робочого місця (стор. 90 [20]);

$t_{\text{орг}}$ – час на організаційне обслуговування робочого місця;

$t_{\text{від}}$ – час на відпочинок.

$$t_{\text{ТО}} + t_{\text{орг}} + t_{\text{від}} = (T_{\text{ца}} + T_{\text{ДОП}}) \cdot 0,14 = (30,98 + 1,92) \cdot 0,14 = 4,58 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{ум}} = (30,8 + 1,92 \cdot 0,71) \cdot \left(1 + \frac{4,58}{100}\right) = 34,96$$

Штучно-калькуляційний час:

$$T_{\text{шт.к}} = t_o + T_{\text{ДОП}} + t_{\text{ТО}} + t_{\text{орг}} + \frac{T_{\text{нз}}}{n}$$

де: $T_{\text{нз}}$ – підготовчо-заклучний час, (стор. 98 [20]) хв.

$$T_{\text{нз}} = 4 + 2 + 4 + 0,3 + 7 + 0,3 \cdot 16 + 1 + 0,3 = 24 \text{ хв.}$$

n – розмір партії, $n = 400$ шт.

Результати розрахунків норм часу по всім операціям механічної обробки деталі рейка-поршень зводимо в таблицю 2.14.

Норми часу на обробку деталі

№ операції	t _о , хв.	t _{доп} , хв.	t _{ТО} , хв.	t _{орг.об.} , хв.	t _{від} , хв.	T _{шт} , хв.	T _{пз} , хв.	T _{шт.к} , хв.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Рейка-поршень УЯИШ 716652.70								
005	1,4	0.5	0.02	0.03	0,04	1,91	8	2,07
010	29,44	1,92	2,78			34,96	24	35,2
015	34,6	0.5	0.02	0.03	0,04	35,2	8	35,3
020	5,2	0.5	0.03	0.05	0,04	10,68	12	10,71
025	9,1	0.5	0.03	0.05	0,01	9,63	12	9,66
030	9,1	0.5	0.03	0.05	0,01	9,63	12	9,66
035	74,4	0.5	0.02	0.04	0,04	76,2	12	76,4
040	2,6	0.5	0.19	0.38	0,09	3,3	10	10,1
045	4,02	0.5	0.04	0.08	0,04	4,23	24	4,4
050	1,4	0.5	0.03	0.05	0,01	1,75	12	195
055	9,27	0.73	0.02	0.03	0,02	9,86	24	10,3
060	6,9	1,2	0.03	0.04	0,04	11,0	8	11,1
065	3,2	1.18	0.09	0.18	0,02	4,4	8	4,5
070	11,4	0.5	0.03	0.05	0,01	20,0	8	20,1
075	22,76	2,12	0.03	0.05	0,01	32	8	32,2
080	29,87	1,27	0.03	0.05	0,01	35	8	35,2
085	13,4	0.5	0.03	0.05	0,01	15	8	15,2
090	58	1,2	0.03	0.05	0,01	65	8	65,2
095	11	1,1	0.03	0.05	0,01	15	24	15,3
100	7,71	1,2	0.03	0.05	0,01	10	8	10,2

3. Конструкторська частина

3.1. Розрахунок та розробка конструкції затискного пристрою

3.1.1. Опис будови та роботи пристрою

Затискний пристрій пневматичного типу використовується для закріплення деталі рейка-поршень на плоскошліфувальному верстаті 3E711 при виконанні 070 плоскошліфувальної операції.

Затискний пристрій (рис. 3.1) складається з основи 1, на якій встановлено опору 2 та стійки 3. Стійки 3 з'єднані між собою планкою 4, яка кріпиться болтами 17 та штифтом 24.

В отворі планки 6 встановлена кришка передня 8 пневмоциліндру. Пневмоциліндр складається із кришки передньої 8, кришки задньої 12, корпусу 10, гільзи 11, втулки 9 та поршня 13 зі штоком 14. Пневмоциліндр кріпиться до планки 6 за допомогою шпильок 20 та гайок 21. Косинка 7 призначена для забезпечення жорсткості закріплення планки 6.

Шток 14 кріпиться з однієї сторони до поршня за допомогою гайки 25. З іншої сторони шток 14 з'єднується ізвилкою 15 за допомогою штифтів 23.

Для забезпечення герметичності між зовнішньою поверхнею поршня 13 та гільзою 11 служать два гумових кільця 28, між отвором поршня 13 та штоком 14 – гумове кільце 29, між штоком 14 та втулкою 9 – гумові кільця 27.

Стиснуте повітря подається через відповідні отвори в кришках передній та задній за допомогою штуцерних з'єднань.

Пристрій працює наступним чином: оброблювана деталь надівається на опору 2 до контакту внутрішнього торця деталі та торця опори 2. При подачі стиснутого повітря в безштокову порожнину, поршень 13 разом із штоком 14 переміщується вліво. Вилка 15 також переміщується вліво і притискає деталь до стійок 3, відбувається затиск деталі.

При подачі стиснутого повітря в штокову порожнину, поршень 13 разом із штоком 14 та вилкою 15 переміщуються вправо і відбувається розтискання деталі.

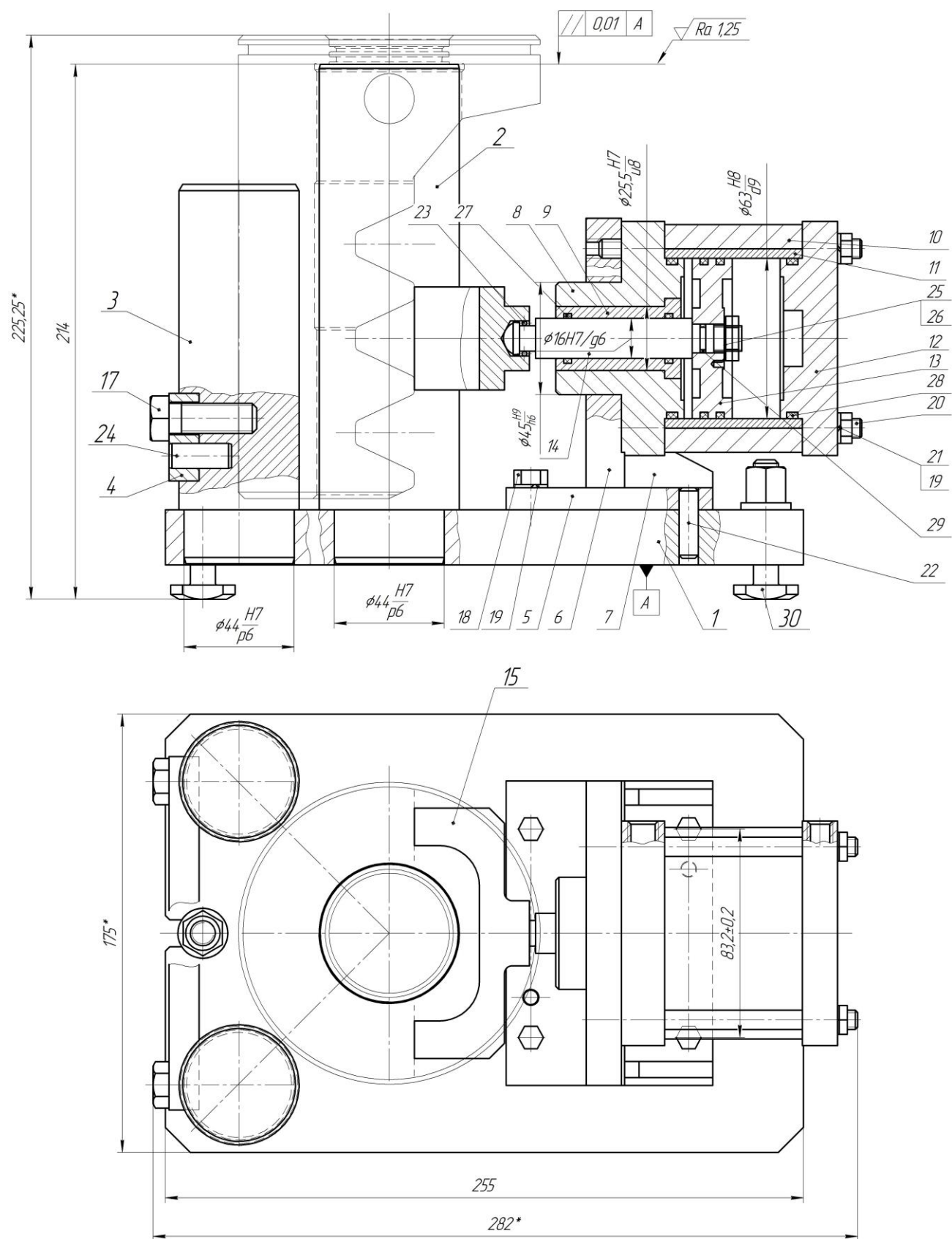


Рис.3.1. Пристрій затискний

3.1.2. Розрахунок сили затиску деталі

Для забезпечення надійного затиску деталі під час обробки потрібно розрахувати необхідну силу затиску.

При цьому необхідно скласти рівняння рівноваги деталі під дією сили різання, сили затиску та сил тертя між деталлю і установчими елементами пристосування.

Визначену таким чином силу затиску необхідно збільшити шляхом множення на коефіцієнт запасу сили ($K_3=1,5\dots2,5$).

Розрахункова схема показана на рис. 3.2.

Найбільша сила різання при шліфуванні торця деталі рейка-поршень:

$$P_z = C_p \cdot V_d^{0,7} \cdot s_{np}^{0,7} \cdot t^{0,6},$$

де: C_p - коефіцієнт, що залежить від властивостей оброблюваної деталі, $C_p = 2,2$

$$P_z = 2,2 \cdot 28,8^{0,7} \cdot 0,005^{0,7} \cdot 0,1^{0,6} = 6,6 \text{ кгс} = 64,7 \text{ Н}$$

Сила різання P_z створює момент різання M_p , який намагається повернути деталь. Сила тертя F_t , яка виникає між контактуючими поверхнями оброблюваної деталі і елементами затиску створює момент тертя.

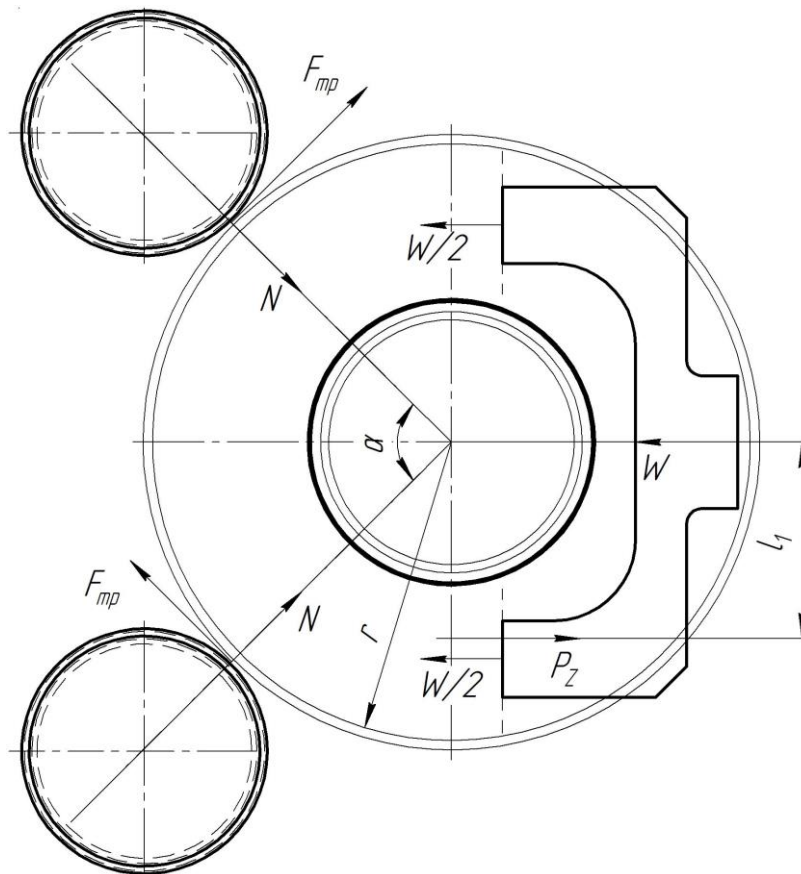


Рис. 3.2. Розміщення сил під час обробки торця

Запишемо рівняння рівноваги деталі:

$$\sum M_o = 0,$$

Складаємо рівняння рівноваги:

$$2 \cdot F_{mp} \cdot r - P_z \cdot l_1 = 0$$

Силу тертя визначаємо за формулою:

$$F_{mp} = N \cdot f$$

$$N = \frac{W}{2 \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}$$

Виражаємо силу затиску із рівняння рівноваги:

$$W = \frac{P_z \cdot l_1 \cdot 2 \sin \frac{\alpha}{2}}{2 \cdot f \cdot r} \cdot K,$$

де: l_1 - плече сили P_z ,

K - коефіцієнт запасу сили

$$l_1 = r - \frac{b}{2},$$

де: b - ширина шліфувального круга, мм

$$l_1 = 58,45 - \frac{40}{2} = 38,45 \text{ мм}$$

$$W = \frac{64,7 \cdot 38,45 \cdot 2 \sin \frac{90}{2}}{2 \cdot 0,05 \cdot 58,45} \cdot 2 = 966 \text{ Н}$$

3.1.3. Вибір типу силового приводу, розрахунок параметрів силового приводу

В якості силового приводу маємо пневматичний поршневий привід двохсторонньої дії. Поршневі пневматичні двигуни мають більшу швидкодію у порівнянні із гідродвигунами і мають більш просту конструкцію.

Визначаємо діаметр циліндра силового приводу. Для приводу двохсторонньої дії, коли затискання заготовки відбувається при видвіганні штоку, діаметр циліндра визначаємо за формулою:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot P_s \cdot \eta}};$$

де: P_s - тиск стиснутого повітря: $P_s = 2 \dots 5 \text{ кгс} / \text{см}^2$;

η - ККД приводу; $\eta = 0,8$:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 966}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,8}} = 62 \text{ мм.}$$

Приймаємо діаметр поршня, як найближче більше значення із стандартного ряду діаметрів за ГОСТ 6540-68. Приймаємо діаметр 63 мм.

Визначаємо внутрішній діаметр трубопроводу для подачі стиснутого повітря в циліндр по формулі:

$$d_T = \frac{0,009 \cdot D \cdot \sqrt{\varepsilon \cdot S Q_1}}{t};$$

де:

$$\varepsilon = Q / (F \cdot p \cdot f)$$

$$\varepsilon = Q / (F \cdot p \cdot f) = \frac{966}{3,14 \cdot 31,5^2 \cdot 0,9 \cdot 0,15} = 2,3;$$

t – час спрацьовування приводу - $t \leq 0,5$ с;

F – площа поршня, см^2 ; f – коефіцієнт тертя між поршнем і циліндром, який дорівнює 0,9; SQ_1 - пневмоциліндру.

Тоді:

$$d_T = \frac{0,009 \cdot 63 \cdot \sqrt{2,3 \cdot 22}}{0,5} = 12,12 \text{ мм}$$

Приймаємо $d_T = 16$ мм.

3.1.4. Розрахунок на міцність слабких ланок пристрою

В даному розділі встановлюємо розміри найбільш слабких елементів пристрою, виконуємо розрахунок їх на міцність і уточнюємо їх розміри.

До числа слабких відносяться елементи, які найбільше навантажені силами, утвореними силовим приводом.

Розраховуємо на міцність штифт 22 плити 5 (рис. 3.1): штифт має діаметр 12 мм; матеріал – сталь 45.

Умова міцності штифтового з'єднання на зрізання:

$$\tau = \frac{Q}{\frac{\pi d^2}{4}} \leq [\tau]$$

$$\tau = \frac{Q}{\frac{3,14 \cdot 12^2}{4}} = 8,55 \text{ Па} \approx 0,002 \text{ МПа}$$

$$[\tau] = 160 \text{ МПа}$$

Умова виконується.

3.1.5. Розрахунок пристрою на міцність

Виконаємо перевірочний розрахунок на міцність різьбової ділянки гайки поз. 21 (рис. 3.1) М12×2,5, яка навантажена поздовжньою (вздовж осі різьби) силою від дії пневмоприводу.

Матеріал гайки – сталь 40 ГОСТ1050-88.

Основний вид руйнування різьби – зріз витків. Необхідно перевірити умову:

$$\tau \leq [\tau]$$

Допустиме напруження зрізу:

$$[\tau] = 0,2 \cdot \sigma_T = 0,2 \cdot 490 = 98 \text{ МПа}$$

Напруження зрізу розраховуємо за формулою:

$$\tau = \frac{W}{\pi \cdot d \cdot H \cdot K \cdot K_m}$$

де: W – сила затиску, Н;

d – внутрішній діаметр різьби, мм;

H – довжина різьби гайки, мм;

K – коефіцієнт, який враховує тип різьби;

K_m – коефіцієнт.

Тоді:

$$\tau = \frac{658 \cdot 2}{3,14 \cdot 12 \cdot 14 \cdot 0,87 \cdot 0,6} = 4,8 \text{ МПа.}$$

Умову міцності дотримано.

3.1.6. Розрахунок пристрою на точність

Розрахунок пристрою на точність має за мету визначення необхідної точності його виготовлення по вибраному параметру, до яких відносяться:

- а) допуски на координуючі розміри, що задані від баз чи базових поверхонь;
- б) допуски взаємного розміщення (непаралельності або не перпендикулярності тощо) баз або базових поверхонь затискного пристрою.

Точність виготовлення пристрою з достатнім наближенням, а саме тих його елементів, які впливають на точність оброблюваного розміру може бути оцінена допуском, який визначається за формулою:

$$\varepsilon_{np} = T_A - k_m \cdot \sqrt{(k_{m1} \cdot \varepsilon_{\bar{o}})^2 + \varepsilon_z^2 + (k_{m2} \cdot \omega_{m.o})^2},$$

де: T_A – допуск на виконуваний розмір;

$\varepsilon_{\bar{o}}$ – похибка базування деталі;

k_m – коефіцієнт, що враховує відхилення розкиду значень складових величин від закону нормального розподілу ($k_m=0,9-1,2$);

k_{m1} – коефіцієнт, що враховує зменшення граничного значення похибки базування при роботі на налаштованому обладнанні ($k_{m1}=0,8 - 0,85$);

k_{m2} – коефіцієнт, що враховує долю похибки обробки в сумарній похибці, що є наслідком факторів, які не залежать від пристрою ($k_{m2}=0,6 - 0,8$);

$\omega_{m.o}$ – середня економічна точність обробки (визначається по таблицям допустимих похибок для даного методу обробки) [27, т.1, с.8-12];

ε_z – похибка закріплення деталі [9, с.16-19];

При використанні механізованих затискних пристроїв, що забезпечують сталість сили затиску похибка закріплення деталі дорівнює нулю.

Визначаємо фактичну похибку затискного пристрою:

$$\varepsilon_{np} = 0,1 - 0,9 \cdot \sqrt{(0,8 \cdot 0)^2 + 0,01 + (0,6 \cdot 0,04)^2} = 0,007 \text{ мм}$$

3.2. Розрахунок та розробка конструкції контрольно-вимірювального пристрою

3.2.1. Опис конструкції та роботи пристрою

Контрольний пристрій індикаторного типу (рис. 3.3) застосовується для контролю допуску розміру $64 \pm 0,1$ по впадині зубця рейки-поршня.

Контрольний пристрій складається з основи 3, на якій встановлено колону 6. На колоні 6 встановлено тримач 11, який закріплюється в потрібному положенні за

допомогою гвинта 15. За допомогою гвинтів 18 до тримача 11 прикріплено стійку 10. До тримача 11 гвинтами 19 прикріплені платини 9. Між пластинами 9 розміщені пружини 13. Важіль 12 кріпиться до пластин 9 гвинтами 19. В отворах важеля 12 встановлені п'ята 4 та наконечник 5. Струбцина 1 має гвинт 7 та ручку 8.

У середню впадину рейки-поршня вставляється ролик 21, який струбциною 1 міцно притискається до деталі за допомогою гвинта 7, що загвинчується обертанням ручки 8. Рейка-поршень із роликом та струбциною ставиться торцем деталі на основу 3 таким чином, щоб поверхня наконечника 5 опинилася на циліндричній поверхні ролика 21 між двома рядами зубчатих рейок. Контакт поверхні ролика 21 із наконечником 5, зумовлює тиск останнього на важіль 12, в отворі якого і встановлено наконечник 5. Пружина 13, що контактує із важелем 12 та тримачем 11 призначена для забезпечення постійного контакту поверхні штока індикатора із циліндричною поверхнею ролика. Пружина 13 дає змогу важелю 12 повертатись. При менших значеннях контролюемого допуску, важіль 12, за допомогою пружини 13, відхилиться за ходом годинникової стрілки. Відповідно, п'ята 4, яка контактує із індикатором 20, теж відхилиться за ходом годинникової стрілки. Таким чином, стрілка індикатора покаже значення відхилення контролюемого допуску. При більших значеннях контролюемого допуску, важіль 12 із п'ятою 4 та наконечником 5 відхиляться у напрямку проти ходу годинникової стрілки та за показаннями індикатора можна судити про значення відхилення.

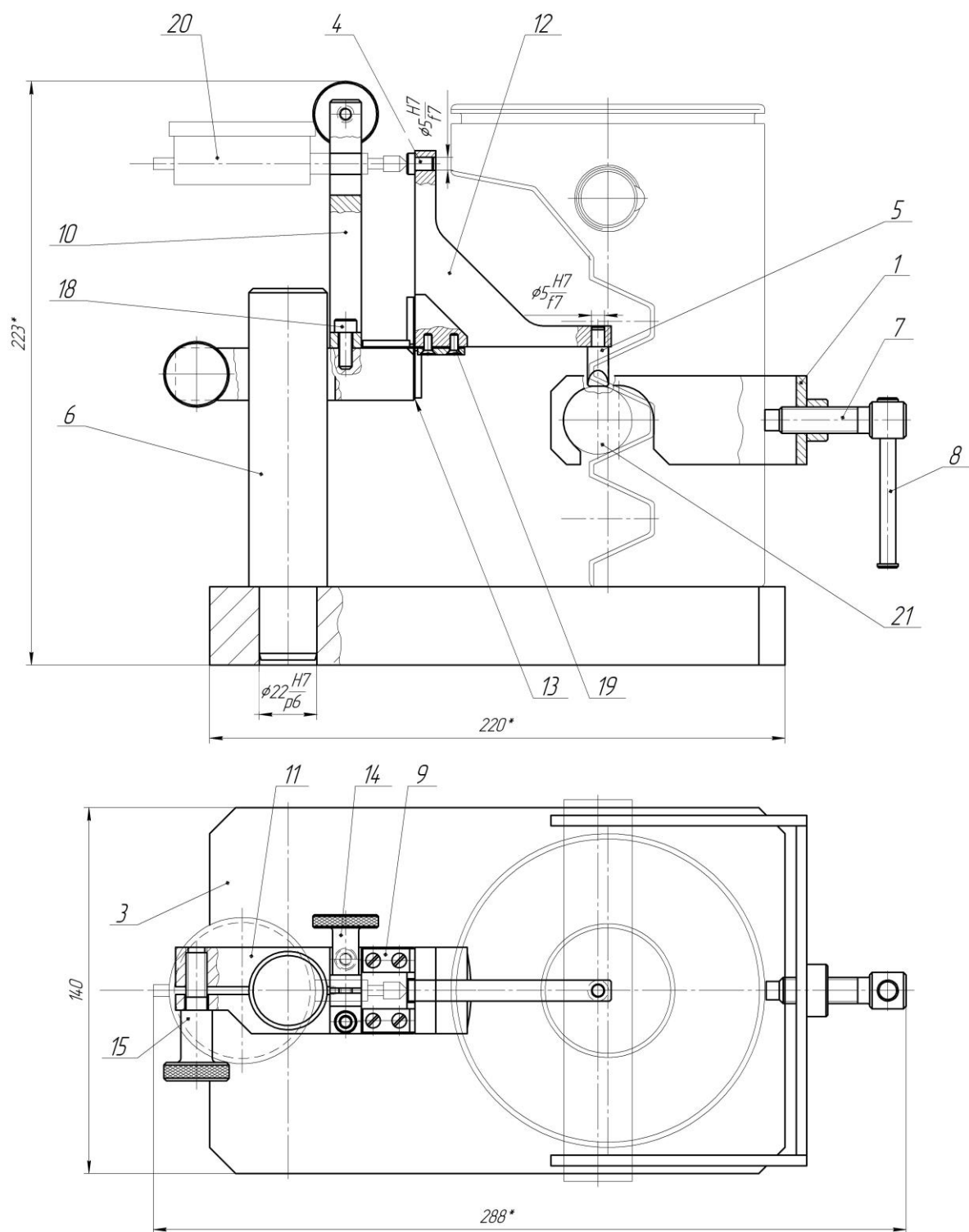


Рис. 3.3. Пристрій контрольний

Для зняття рейки-поршня з контрольного пристрою необхідно відвести деталь до повного припинення контакту поверхні наконечника 5 із циліндричною поверхнею ролика. За допомогою ручки 8 відкрити гвинт 7 струбцини 1. Зняти струбцину 1 та ролик 21 з деталі рейка-поршень.

3.2.2. Визначення похибок вимірювання і перевірка умови працездатності пристрою

Перевірку умов працездатності контрольного пристрою визначаємо за формулою

$$\sqrt{\Delta_{\delta}^2 + \Delta_{\delta\partial}^2 + \Delta_{nn}^2 + \Delta_{\epsilon\partial}^2 + \Delta_{\epsilon\partial}^2 + \Delta_{\epsilon\partial}^2} \leq [\Delta_{\text{вим}}]$$

де: Δ_{δ} – похибка базування контрольованої деталі, $\Delta_{\delta} = 0$;

$\Delta_{\delta\partial}$ – похибка встановлення деталі, $\Delta_{\delta\partial} = 0,001 \text{ мм}$;

Δ_{nn} – похибка передавального пристрою, $\Delta_{nn} = 0,002 \text{ мм}$;

$\Delta_{\epsilon\partial}$ – похибка вимірювального засобу, $\Delta_{\epsilon\partial} = 0,0005 \text{ мм}$;

$\Delta_{\epsilon\partial}$ – похибка встановлення засобу вимірювання, $\Delta_{\epsilon\partial} = 0,0009 \text{ мм}$;

$\Delta_{\epsilon\partial}$ – похибка відліку, $\Delta_{\epsilon\partial} = 0$

$[\Delta_{\text{вим}}]$ – допустима похибка вимірювання, $[\Delta_{\text{вим}}] = 0,0025 \text{ мм}$.

Тоді:

$$\sqrt{0,001^2 + 0,002^2 + 0,0005^2 + 0,0009^2} = 0,0024 \text{ мм}$$

Умова виконується.

3.2.3. Розробка креслення загального виду пристрою

Креслення загального виду контрольного пристрою виконуємо в необхідній для роз'яснено його конструкції кількості проекцій і в положенні контролю деталі, яку зображуємо тонкими лініями.

На кресленні проставляємо габаритні розміри, установчі розміри, посадки основних спряжень, допуск розташування найбільш важливих поверхонь. У стислій формі формулюємо технічні вимоги до контрольного пристрою. Креслення загального виду контрольного пристосування представлено в графічній частині магістерської роботи.

3.3 Розробка конструктивного виконання пружного гвинтового хону для обробки отворів великих діаметрів

Система регулювання радіального розміру (СРРР) на базі пружно-гвинтового хону (ПГХ) для відділкової алмазно-абразивної обробки отворів великих діаметрів (рис.3.4) має подібно конструкцію з СРРР на базі ПГХ для обробки середніх діаметрів, але має декілька відмінностей, а саме: меншу ступінь оправки 3, що служить для розміщення елементів, які центрують ПГХ 1 по отвору, що оброблюється, втулку 15, розрізну обойму 13.

ПГХ 1 встановлюється на втулці 15 за рахунок штифтів 8, 14. Втулка 15 має тороподібні пази, які спряжені з зовнішньою тороподібною поверхнею розрізної обойми 16. Розрізна обойма 16 спрягається своєю внутрішньою конічною поверхнею з зовнішньою конічною поверхнею меншої ступені оправки 3. Після чого підтискається гайками 9 для забезпечення центрування ПГХ 1.

Контакт штифта 8 і товкача 2 здійснюється за допомогою сфери, яка зменшує контактні напруження.

Принцип дії СРРР на базі ПГХ для відділкової алмазно-абразивної обробки отворів великих діаметрів.

Робочі цикли здійснюються внаслідок подачі робочої рідини через муфту 7 і стакан 6 у внутрішню порожнину ОФНД 4.

Перед початком обробки тиск, який утвориться в порожнині пружно здеформує дно ОФНД 4 і через товкач 2, який взаємодіє із штифтом 8 здеформує ПГХ 1 в напрямку його геометричної вісі. Така осьова деформація ПГХ забезпечить зменшення власного радіального розміру.

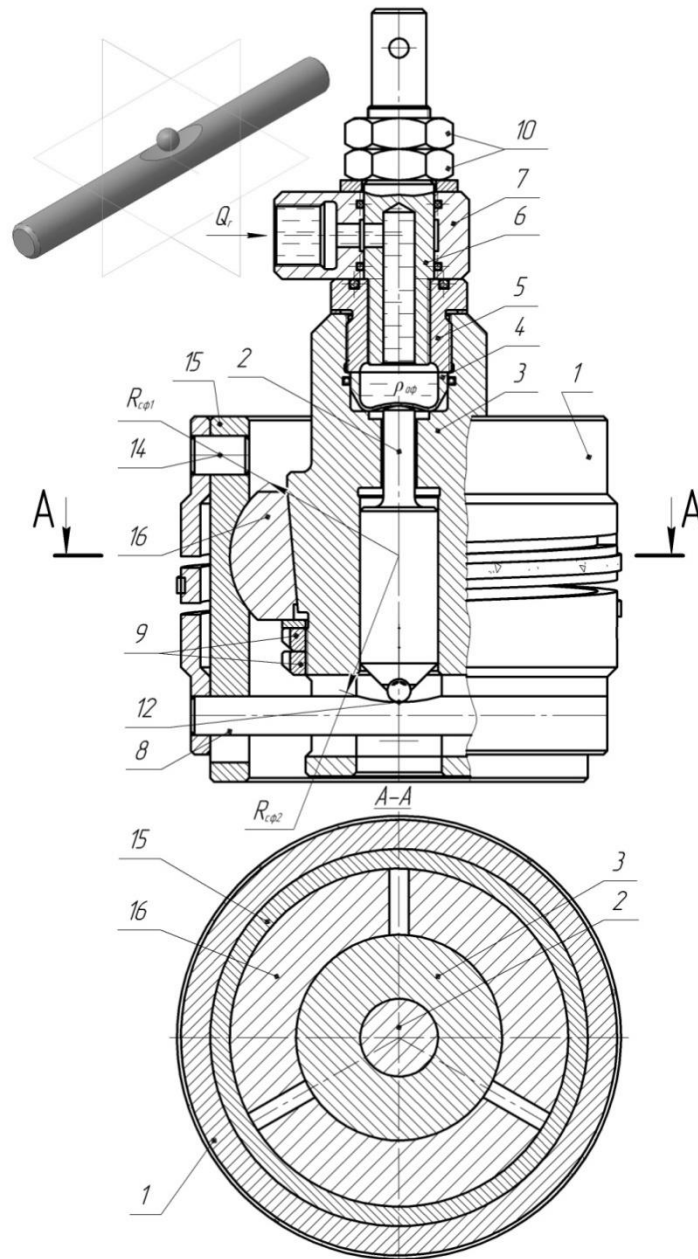


Рис.3.6 Конструктивне виконання СРРР на базі ПГХ для відділкової алмазно-абразивної обробки отворів великих діаметрів

1 – ПГХ; 2 – товкач; 3 – оправка; 4 – ОФНД; 5 – різбова втулка; 6 – стакан; 7 – муфта; 8 – штифт; 9 – гайки для створення початкової пружної деформації; 10 – гайки для фіксації положення стержня; 11 – ущільнюючі елементи; 12 – поверхня контакту товкача та штифта; 14 – штифт; 15 – втулка; 16 – обойма; Q_r – об'ємна робоча подача; $p_{оф}$ – гідростатичний тиск; $R_{сф1}$ – радіус сферичної поверхні обойми 15; $R_{сф2}$ – радіус сферичної концентричної до радіусу сферичної поверхні обойми 15.

В процесі обробки тиск, який утворився буде рівномірно зменшуватися, що призведе до того, що ПГХ почне повертатися до початкового стану, що призведе до збільшення його радіального розміру.

При цьому в СРРР відсутні ланки з елементами тертя, а збільшення радіального розміру здійснюється за рахунок радіальної пружної деформації.

Даний процес дозволяє налаштовувати СРРР на базі ПГХ на необхідний радіальний розмір в процесі обробки з максимально можливою точністю.

4. ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

4.1 Аналіз і синтез СРРР в умовах адаптивного керування процесом

Існуючі адаптивні системи керування (в подальшому АСК) не відповідають вимогам функціонування. Головним недоліком існуючих АСК є те, що вони працюють в різнорідних функціональних середовищах, що призводить до втрати швидкодії системи та ускладнює їх конструкцію. Також, це може призвести до виникнення коливань, що буде впливати на стійкість роботи системи.

Тому слід ввести поняття про адаптацію прямої та не прямої дії, яка повинна впливати на стійкість роботи системи в залежності від функціонального середовища.

Адаптація прямої дії – система в якій між датчиком (чуттєвим елементом) і виконавчим елементом відсутні проміжні ланки і її функціонування відбувається в однорідному функціональному середовищі.

Адаптація непрямої дії – система в якій між датчиком (чуттєвим елементом) і виконавчим елементом присутні проміжні ланки і її функціонування відбувається в різнорідних функціональних середовищах.

Використання АСК з адаптацією прямої дії повинно забезпечити однорідність функціонального середовища та зменшити кількість елементів, що призведе до усунення такого недоліку, як коливання.

Окрім того підходу, що необхідно максимально дотримуватися однорідного функціонального середовища, потрібно визначити умови при яких буде проходити процес адаптації, а саме визначити фактор, котрий впливає на сталість роботи системи.

Одним із головною вимог, які висуваються до процесу хонінгування отворів є усунення геометричних відхилень в повздовжньому перерізі. А саме, це похибки, які виявляються в макрогеометрії або хвилястості оброблюваної поверхні.

Отже адаптація в процесі хонінгування отворів буде відбуватися по макрогеометрії або хвилястості оброблюваного отвору. Це призведе до розділення процесу адаптації у відповідності до обумовленої похибки геометричного

відхилення. Представлений процес характеризується таким поняттям, як диференційна адаптація.

Диференційна адаптація – адаптація по переважаючому виду відхилення (виду вхідного сигналу).

Сутність диференційної адаптації полягає в попередньому визначенні переважаючого відхилення, для подальшого налаштування АСК. Це дозволить оптимізувати процес адаптації та збільшити його стійкість, що призведе до покращення геометричної точності оброблюваних отворів. Також слід зазначити, що диференційна адаптація передбачає можливість по етапного виправлення похибок по макрогеометрії першого та другого рівня

Розглянемо детальніше адаптацію по макрогеометрію першого рівня.

Виходячи з принципу диференційної адаптації буде відбуватися розподілення адаптації по макрогеометрії та хвилястості оброблюваної поверхні. Тому необхідно визначити характер похибки при хвилястості оброблюваної поверхні.

Нерівності, які повторюється більш ніж один раз на оброблюваної поверхні с відстанню менше ніж у макронерівностей і більше ніж мікронерівностей називають хвилястістю оброблюваної поверхні (DIN 7182, D1 4) [132] (рис.4.1).

У відповідності до представленого характеру похибки ведемо поняття адаптації по хвилястості оброблюваної поверхні.

Адаптація по хвилястості оброблюваної поверхні це процес в результаті, якого відбувається виправлення обумовленої похибки за рахунок зміни тиску в системі регулювання радіального розміру у відповідності до зміни сил різання з постійною частотою осьових осцилюючих рухів.

Отже процес зміни вихідного сигналу у відповідності до вхідного буде характеризуватися наступною графічною залежністю (рис. 3.5.3, б)

Далі перейдемо до аналізу адаптації макрогеометрії оброблюваної поверхні.

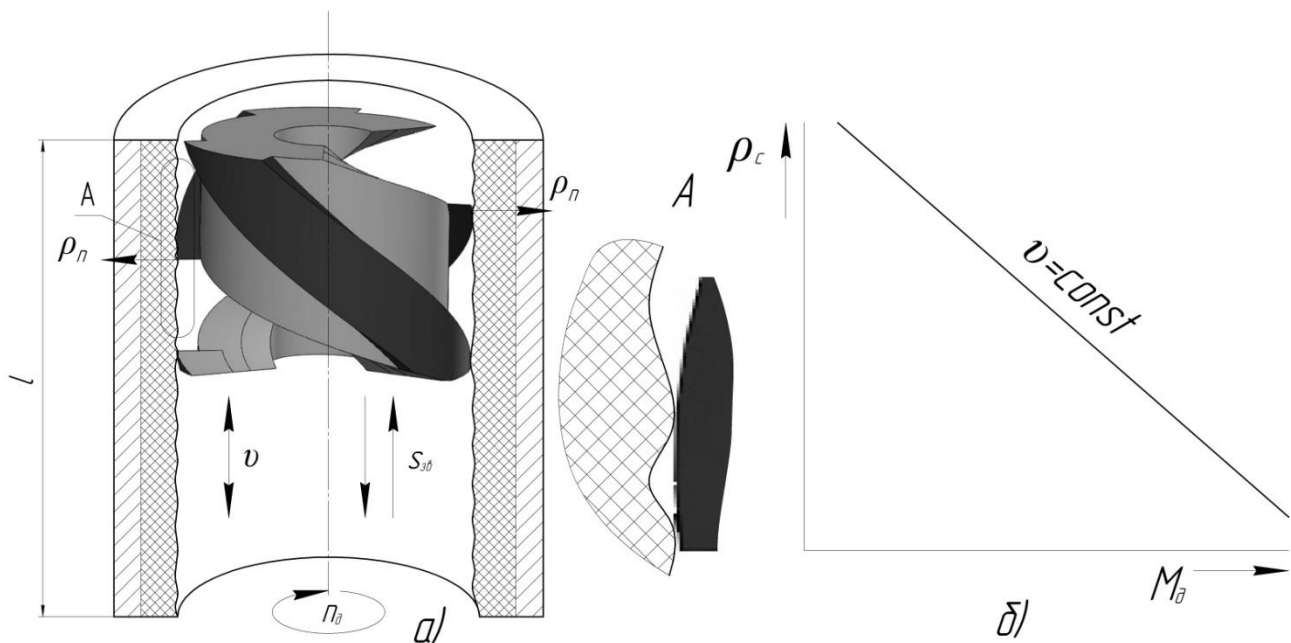


Рис. 4.1 Адаптація по хвилястості оброблюваної поверхні

а) взаємодія інструменту з оброблюваною поверхнею; б) графік залежності вхідного сигналу від вихідного.
 ρ_n – питомий тиск в зоні обробки; n_d – частота обертання деталі; l – довжина оброблюваного отвору; s_{3d} – подача зворотно-поступального руху; ν – частота осцилюючих рухів в осьовому напрямку; M_d – момент на вихідному валу гідромотору; ρ_c – тиск в CPPP

Нерівність, яка розміщується на всій довжині оброблюваної поверхні називається **макрогеометрії оброблюваної поверхні** (DIN 7182, D1 4) [132] (рис. 4.2).

Представлений вид похибки має інший характер взаємодії інструменту, тому не можливо застосувати принцип адаптацію по хвилястості оброблюваної поверхні для її виправлення. Тому слід ввести поняття адаптація по макрогеометрії оброблюваної поверхні.

Адаптація по макрогеометрії оброблюваної це процес в результаті, якого відбувається виправлення обумовленої похибки за рахунок зміни частоти осьових осцилюючих рухів у відповідності до зміни сил різання, з дотриманням постійності питомого тиску в зоні різання.

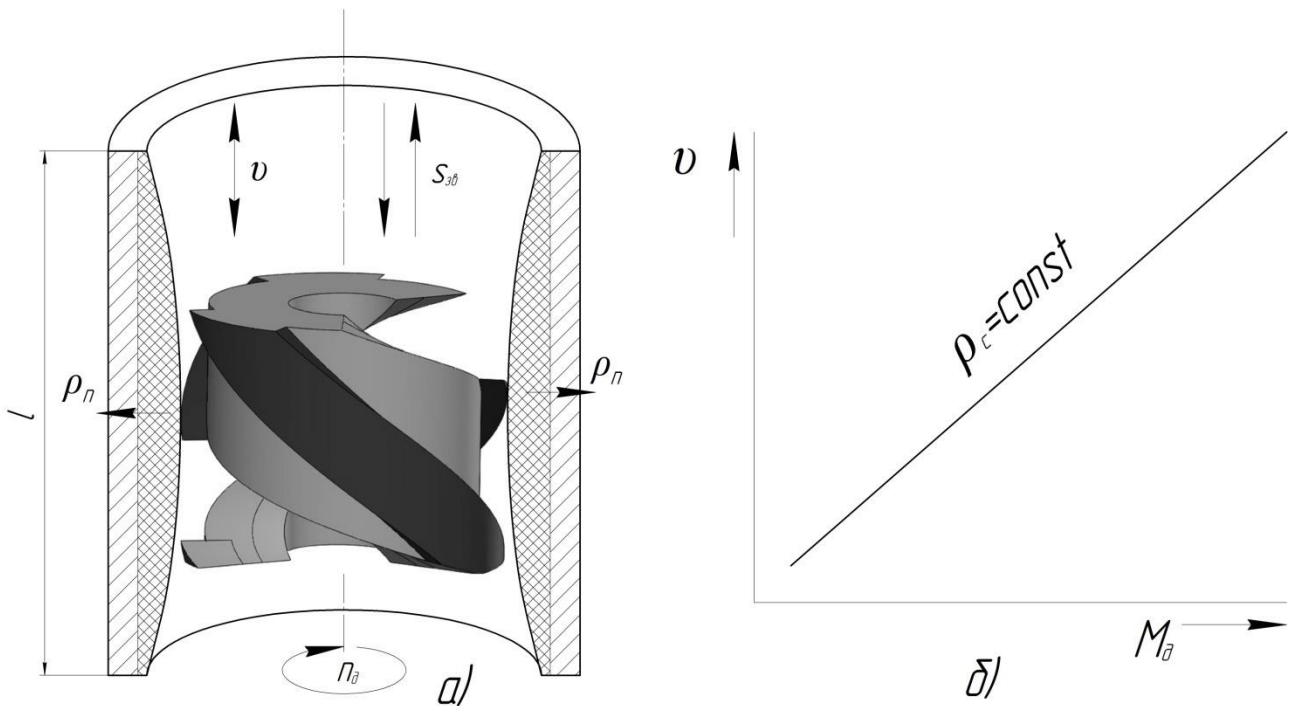


Рис. 4.2 Похибка по макрогеометрії

а) взаємодія інструменту з оброблюваною поверхнею; б) графік залежності вхідного сигналу від вихідного.
 ρ_n – питомий тиск в зоні обробки; n_d – частота обертання деталі; l – довжина оброблюваного отвору; $S_{д}$ – подача зворотно-поступального руху; v – частота осцилюючих рухів в осьовому напрямку; M_d – момент на вихідному валу гідромотору; ρ_c – тиск в CPPP

Отже процес зміни вихідного сигналу у відповідності до вхідного буде характеризуватися наступною графічною залежністю (рис. 4.2 б)

Тобто необхідно створити АСК, яка забезпечила можливість диференційної адаптації в процесі хонінгування отворів. Також слід врахувати використання адаптації прямої та непрямої дії, для забезпечення стійкості роботи системи в залежності від функціонального середовища.

На основі приведених вимог в попередньому розділі розробимо АСК на базі ПГХ. Обумовлена система буде функціонувати в єдиному середовищі, а саме в гідравлічному. Також врахуємо той фактор, що багато рухів надається інструменту, тому передамо обертальний рух деталі, а саме столу. Далі розглянемо АСК на базі ПГХ.

Приведена АСК на базі ПГХ (рис. 4.3) складається з механізму осьової осциляції 1, який встановлений на шпинделі 2, та поєднаний з гідромотором 14. На шпинделі також розташовується ОФНД 3, яка з'єднана з ПГХ 5, яка розміщена

в деталі, що оброблюється 5. Деталь встановлена на столі 6, котрий приводиться в дію за рахунок гідромотору 7. Керування величиною питомого тиску відбувається за рахунок дроселюючого гідророзподільника 11 з гідравлічним управлінням. Зміна частоти осцилюючих рухів відбувається за дроселюючого гідророзподільника 19 з гідравлічним керуванням. Зміна виду адаптації відбувається переключенням роботи електрокерованих гідророзподільників 16, 20. Обумовлена АСК на базі ПГХ працює наступним чином. У відповідності до геометричного відхилення, а саме макрогеометрії першого чи другого рівня налаштовується робота електрокерованих гідро розподільників 16,20. Далі при зменшені або збільшені тиску в напірній магістралі гідромотору 7, що обумовлено зміною моменту різання, відбувається передача сигналу на один із дроселюючих гідророзподільників 11, 19. У випадку при адаптації по макрогеометрії першого рівня відбувається передача сигналу дроселюючий гідророзподільник 11, що призводить до зміни тиску у внутрішній порожнині ОФНД 3, тим самим призводить, до збільшення або зменшення величини деформації ПГХ, що призводить до стабілізації сили різання. При цьому величина частоти осцилюючих рухів залишається не зміною, що АСК на базі ПГХ працює за принципом диференційної, тобто присутнє розділення на адаптацію по мікрогеометрії та макрогеометрії.



96

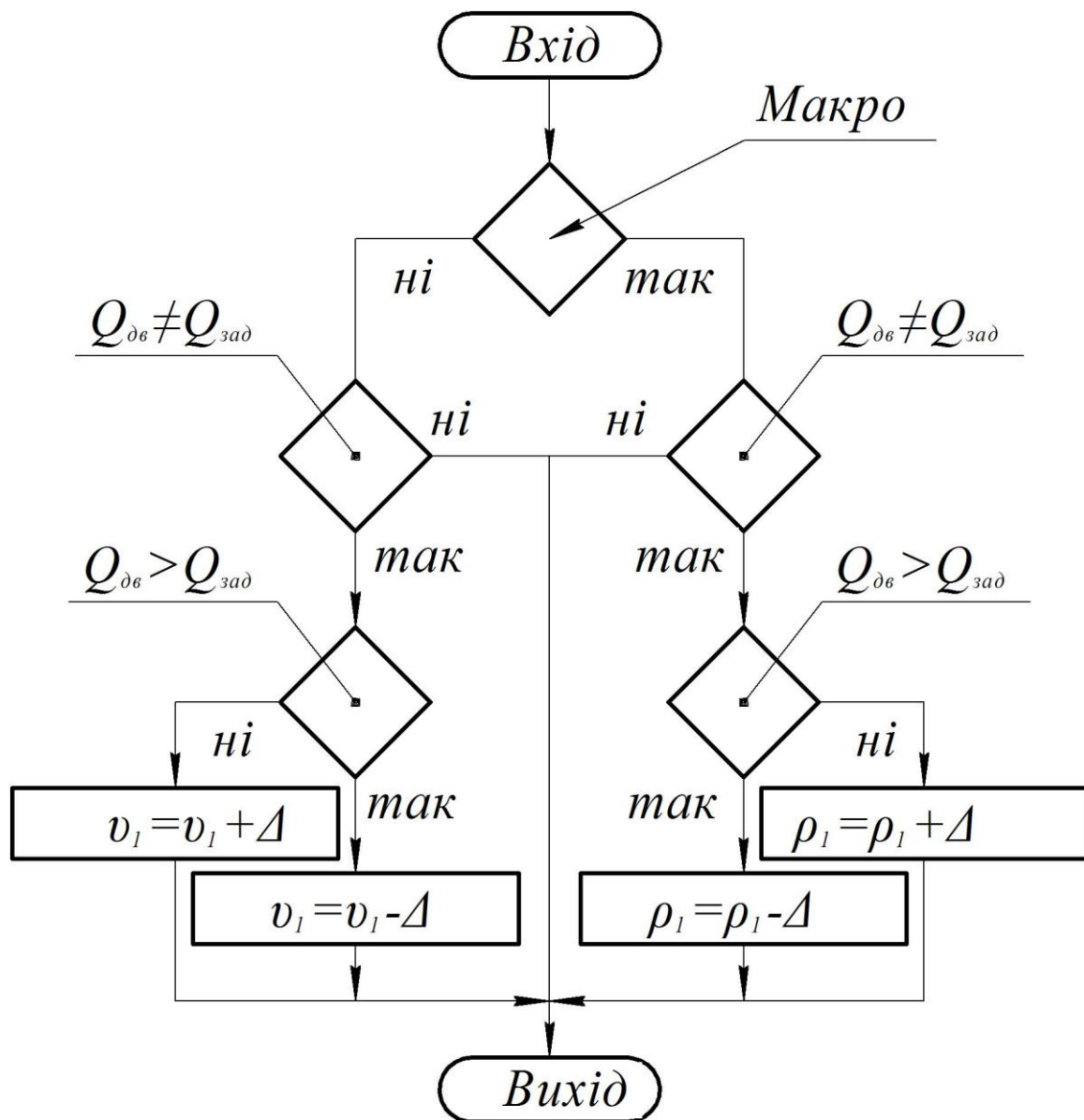


Рис. 4.4 Алгоритм роботи АСК на базі ПГХ.

У випадку адаптації по макрогеометрії другого рівня сигнал надходить до дроселюючого гідророзподільника 19, що призводить до зміни величини обертів вихідного валу гідромотору 14, що обертає механізм осьової осциляції, призводить до зміни частоти осцилятивних рухів, що призведе до стабілізації сили різання. При цьому постійність тиску у внутрішній порожнині ОФНД 3 забезпечується редукційним клапаном 15. На рис. 3.6.2 представлений алгоритм роботи обумовленої АСК.

4.2 Динамічний аналіз АСК на базі ПГХ

Для проведення динамічного аналізу АСК на базі ПГХ (рис. 4.5) необхідно визначити типи ланок у відповідності до теорії автоматичного керування [38,40,42,51]. Визначення типу передавальної функції залежить від рівняння передавальної функції в динаміці, проте її необхідно перетворити за Лапласом.

У відповідності до схеми АСК на базі ПГХ (рис. 4.5) побудуємо функціональну схему, але слід розділити їх на дві частини у відповідності до адаптації, а саме хвилястості або макрогеометрії (рис. 4.6. а і б)

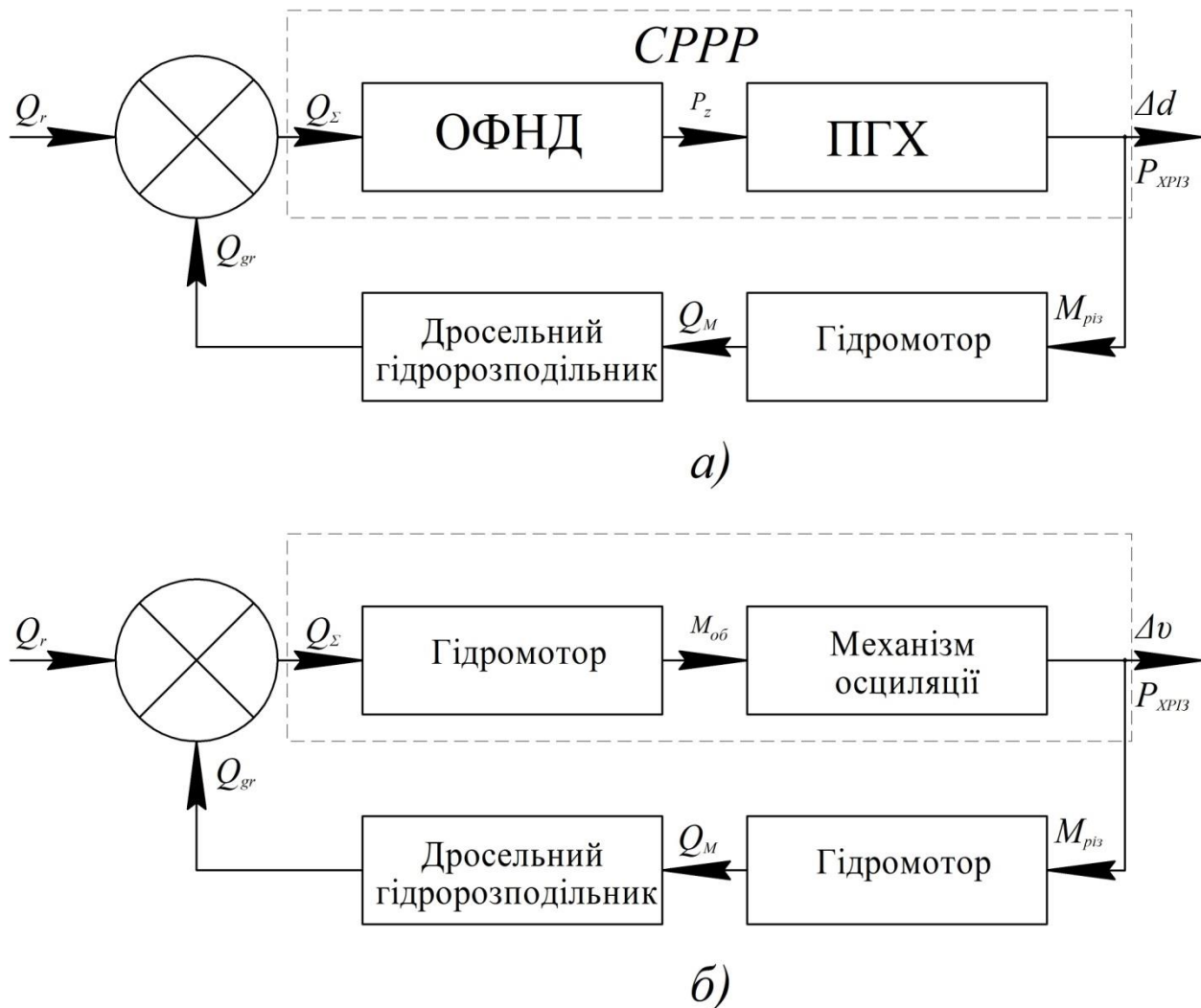


Рис. 4.5. Функціональна схема АСК на базі ПГХ

а) – хвилястості; б) – макрогеометрії.

На початку проведемо дослідження АСК на базі ПГХ в режимі адаптації по хвилястості. На основі функціональної схеми і статичного аналізу її елементів проведемо динамічний аналіз. Почнемо з ланки ОФНД.

Складемо рівняння руху для ОФНД на основі статичного аналізу та другого закону Ньютона, але масу представимо через силу опору матеріалу у відповідності до розділу 2.3.

$$0,1P_M \frac{d^2 \varepsilon}{dt^2} = \rho_{\text{оф}} 2\pi R_{\text{сф}}^2 (1 - \cos \theta) - \varepsilon \frac{2Eh}{1-\vartheta} \quad (4.1)$$

де P_M – сила опору матеріалу;

$\frac{d^2 \varepsilon}{dt^2}$ – друга похідна від шляху;

$R_{\text{сф}}$ - радіус сферичної поверхні дна ОФНД;

θ_0 – кут між віссю сферичної поверхні та нормаллю до сферичної поверхні в точці її перетину з тороподібною поверхнею ;

E – модуль пружності матеріалу;

ϑ – коефіцієнт Пуанссона;

h – товщина стінки дна ОФНД;

ε – величина переміщення;

$\rho_{\text{оф}}$ – тиск у внутрішній порожнині ОФНД.

Отримане рівняння перетворимо за Лапласом та вихідні параметри перенесемо до лівої частини рівняння.

$$\left(\frac{0,1P_M}{\frac{2Eh}{1-\vartheta}} p^2 + 1 \right) \varepsilon = \rho_{\text{оф}} \frac{2\pi R_{\text{сф}}^2 (1-\cos \theta)}{\frac{2Eh}{1-\vartheta}} \quad (4.2)$$

Спростимо отримане рівняння ввівши в нього коефіцієнт k_1 та постійну часу T_1 .

$$T_1 = \frac{0,1P_M}{\frac{2Eh}{1-\vartheta}} \quad (4.3)$$

$$k_1 = \frac{2\pi R_{\text{сф}}^2 (1-\cos \theta)}{\frac{2Eh}{1-\vartheta}} \quad (4.4)$$

Отже отримаємо наступне рівняння.

$$W_1 = \frac{k_1}{T_1 p^2 + 1} \quad (4.5)$$

Слід зазначити, що величина опору матеріалу P_m враховується через модуль пружності матеріалу та коефіцієнт Пуанссона, тому можемо припустити, що її величиною можливо знехтувати в даному випадку. Отримаємо наступне рівняння.

$$W_1 = k_1 \quad (4.6)$$

Отримане рівняння є характеристичним рівнянням без інерційної ланки.

Далі розглянемо ПГХ. Складемо рівняння руху ПГХ у відповідності до статичного аналізу.

$$0,1P_M \frac{d^2 \Delta d}{dt^2} = \varepsilon \frac{2Eh}{1-\theta} / \frac{\sigma a^4}{\delta d^3 i} - (h_z - \Delta d \operatorname{tg} \alpha) \quad (4.7)$$

де Δd – приріст діаметру ПГХ

α – кут нахилу гвинтової лінії ПГХ.

σ – модуль зсуву;

a – товщина перерізу прямокутного перерізу;

δ – коефіцієнт жорсткості (визначається за табл. 8 стр. 710 [98]);

d – діаметр ПГХ;

i – кількість вітків ПГХ;

h_z – висота наскрізного пазу ПГХ;

z – величина деформації ПГХ.

Отримане рівняння перетворимо за Лапласом, а вихідні параметри перенесемо до лівої частини рівняння математичних перетворень. Отримаємо наступне рівняння.

$$\left(\frac{0,1P_M}{-tg\alpha} p^2 + 1 \right) \Delta d = \varepsilon \frac{2Eh\delta d^3 i}{-tg\alpha(1-\theta)\sigma a^4} - \frac{h_z}{tg\alpha} \quad (4.8)$$

Спростимо отримане рівняння ввівши в нього коефіцієнт k_2 та постійну часу T_2 .

$$k_2 = \frac{2Eh\delta d^3 i}{-tg\alpha(1-\theta)\sigma a^4} \quad (4.9)$$

$$T_2 = \frac{0,1P_M}{-tg\alpha} \quad (4.10)$$

Підставимо отримане значення у рівняння 4.8. та визначимо передавальну функцію ПГХ.

$$W_2 = \frac{k_2}{T_2 p^2 + 1} - \frac{h_z}{tg\alpha} \quad (4.11)$$

Необхідно врахувати, що величина опору матеріалу P_M розрахована через жорсткість ПГХ, а саме через модуль зсуву σ та геометричні параметри. Тобто можемо припустити, що величиною опору матеріалу P_M можна знехтувати, після чого отримаємо наступне рівняння.

$$W_2 = k_2 - \frac{h_z}{tg\alpha} \quad (4.12)$$

Розглянемо далі гідромотор. Рівняння передавальної функції гідромотору візьмемо з [2].

$$W = \frac{\frac{d\theta'}{dt}}{(\rho_1 - \rho_2)} = \frac{\frac{q_r}{\beta}}{\left(\frac{J}{\beta} \frac{d\theta}{dt} + 1\right)} + \frac{M_c}{\beta} \frac{1}{\left(\frac{d\theta}{dt} + 1\right)} \quad (4.13)$$

де q_r – питома витрати ГКД;

ρ_1 – тиск в напірній магістралі;

ρ_2 – тиск в зливній магістралі;

β – коефіцієнт демпфування;

J – сила інерції;

$\frac{d\theta'}{dt}$ – кутова швидкість валу гідромотору, перша похідна від кута пороту;

M_c – момент опору на валу гідромотору.

В отримане рівняння ведемо значення постійного коефіцієнту k_3 та сталу часу T_3 .

$$k_3 = \frac{q_r}{\beta} \quad (4.14)$$

$$T_3 = \frac{J}{\beta} \quad (4.15)$$

Отримане рівняння перетворимо за Лапласом та підставимо отримані значення.

$$W = \frac{k_3}{(T_3 p + 1)} + \frac{M_c}{\beta} \frac{1}{(p + 1)} \quad (4.16)$$

Далі розглянемо дроселюючий гідророзподільник. Дана ланка визначаються витратою рідини при переміщенні золотника, він буде визначатися за наступним рівнянням:

$$Q_r = \mu_r b_{ok} x_r \sqrt{\frac{\rho_n - \rho_{cl}}{\rho}} \quad (4.17)$$

де μ_r – коефіцієнт розходу дросельного гідророзподільника;

b_{ok} – ширина вікон в дросельному гідророзподільнику;

x_r – зміщення золотника від нейтрального положення;

ρ_n – тиск в напірній магістралі;

ρ_{cl} – тиск в зливній магістралі;

ρ – щільність рідини.

За умовою нерозривності потоку рідини маємо наступне рівняння:

$$Q_r = F_r \frac{dy_n}{dt} \quad (4.18)$$

де F_r – робоча площа дна ОФНД;

y_n – величина деформації дна ОФНД, котре вимірюється від положення, котре він займав до зміщення золотника дросельного гідророзподільника.

Із рівняння 4.17 та 4.18, припустимо що $x_r^* = y^*$, $x_r = \bar{x}_r * x_r^*$ та $y_n = \bar{y} * y^*$ отримаємо рівняння.

$$T_4 \frac{d\bar{y}}{dt} = k_4 \quad (4.19)$$

де T_4 – постійна часу гідравлічного механізму, яка визначається за наступним рівнянням.

$$T_4 = \frac{F_r}{\mu_r b_{ok} \sqrt{\frac{\rho_{п} - \rho_{сл}}{\rho}}} \quad (4.20)$$

$$k_4 = \bar{x}_r \quad (4.21)$$

$\bar{x}_r$ - безрозмірне зміщення золотника та поршня гідроциліндру за координатою x .

$\bar{y}$ - безрозмірне зміщення золотника та поршня гідроциліндру за координатою y .

Рівняння 4.19 є типовим рівнянням для інтегруючої ланки [37]. Але необхідно враховувати, що використання даної математичної моделі можливе лише при даних припущеннях [37].

З рівняння 4.19 визначимо значення передавальної функції і введемо оператор Лапласа.

$$W_4 = \frac{k_4}{T_4 p} \quad (4.22)$$

Після визначення всіх передавальних функцій побудуємо структурну схему АСК на базі у умовах адаптивного керування процесом (рис. 4.6)

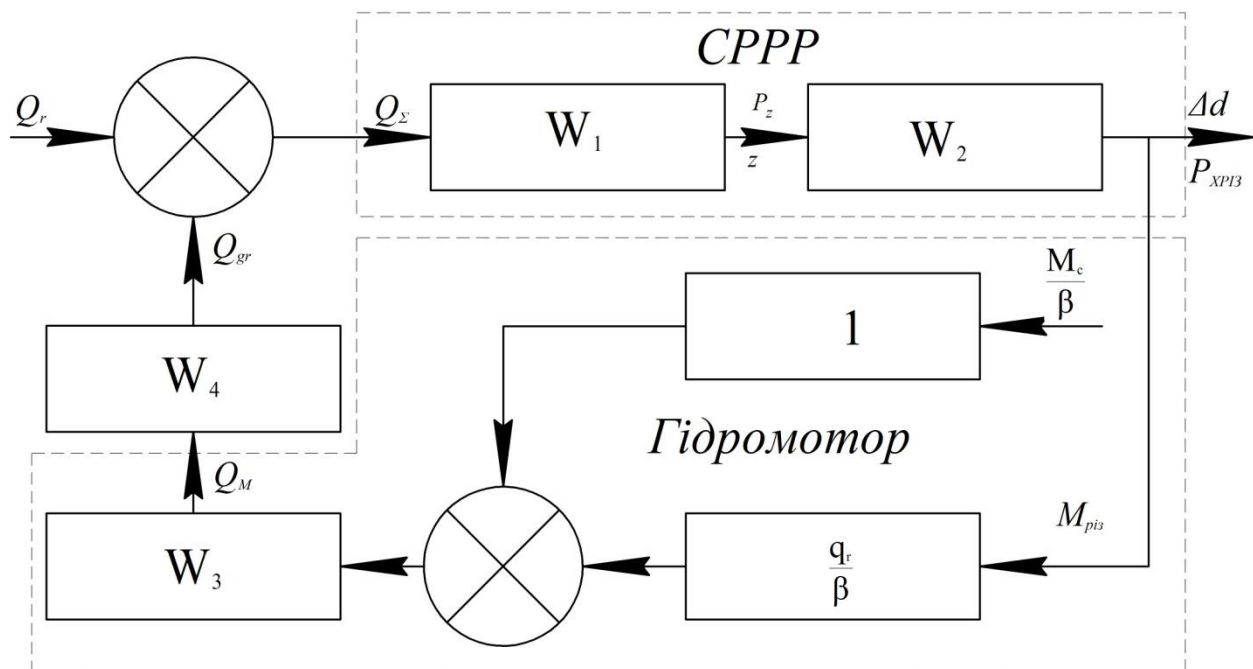


Рис. 4.6 Структурна схема АСК на базі ПГХ при адаптації по хвилястості

Визначимо загальну передавальну функцію всієї системи.

$$W_{\Sigma} = W_1 W_2 W_3 W_4 \quad (4.23)$$

Підставимо в рівняння 4.23 значення передавальних функцій.

$$W_{\Sigma} = \frac{k_1 k_2 k_3 k_4}{(T_3 p + 1) T_4 p} \quad (4.24)$$

Після математичних перетворень отримаємо наступне рівняння.

$$W_{\Sigma} = \frac{k_{\Sigma}}{T_3 T_4 p^2 + T_4 p + 1} \quad (4.25)$$

де k_{Σ} – сумарний коефіцієнт.

$$k_{\Sigma} = k_1 k_2 k_3 k_4 \quad (4.26)$$

За допомогою програмного продукту наведеного в літературному джерелі [61] (рис. 4.7.) побудуємо амплітудно-фазову частотну (рис. 4.8.), логарифмічну (рис. 4.9.) та перехідну характеристику СРРР на базі ПГХ (рис. 4.10) в умовах адаптивного керування.

У відповідності до отриманих характеристик, а саме амплітудно-фазової частотної характеристики можливо зробити висновок, що АСК на базі ПГХ у при адаптації по хвилястості буде працювати стало.

Побудова частотних і перехідної характеристик

ПЕРЕДАТОЧНА ФУНКЦІЯ СИСТЕМИ

Порядок чисельника: 0 Порядок знаменника: 2

ЧИСЕЛЬНИК		ЗНАМЕННИК	
коефіцієнт	величина	коефіцієнт	величина
A0 =	1,471	B0 =	1
		B1 =	1
		B2 =	1

Вихідні дані для побудови перехідної характеристики

Час інтегрування, с: 1,0

Крок, с: 0,01

Перехідна характеристика

Вихідні дані для побудови частотних характеристик

Частота min, рад/с: 0,1

Частота max, рад/с: 800

Крок, рад/с: 0,02

Exit Help А.Ф.Ч.Х. Лог. Ч.Х.

Рис. 4.7. Головна форма програмного продукту [61]



Рис. 4.8 Амплітудно-фазова частотна характеристика СРРР на базі ПГХ

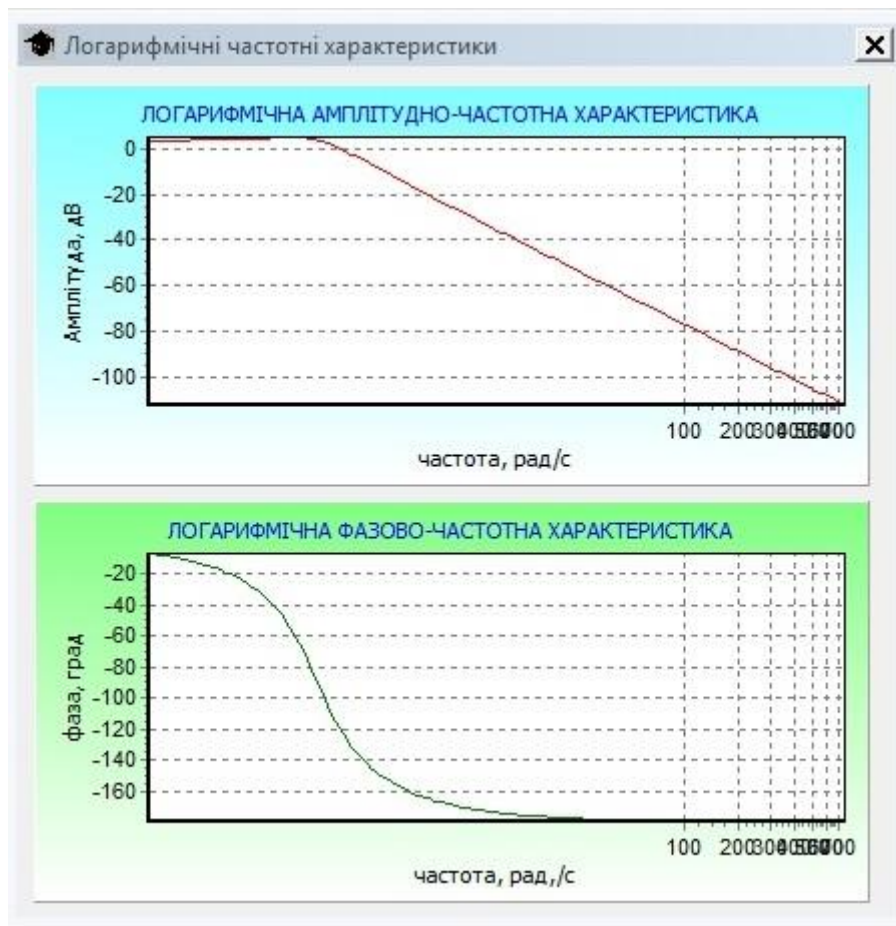


Рис. 4.9. Логарифмічна характеристика СРРР на базі ПГХ



Рис. 4.10. Перехідна характеристика СРРР на базі ПГХ

Далі проведемо дослідження АСК на базі ПГХ в режимі адаптації по макрогеометрії. На основі функціональної схеми і статичного аналізу її елементів проведемо динамічний аналіз.

Рівняння передавальних функцій приведених ланок при адаптації по макрогеометрії відповідають рівняння 4.22 дроселюючого гідророзподільника та рівняння 4.16 гідромотору. Механізм осьової осциляції являє собою без інерційну ланку тобто передавальна функція буде визначатися за наступним рівнянням.

$$W_2 = k_2 \quad (4.27)$$

Отже побудуємо структурну схему АСК на базі ПГХ при адаптації по макрогеометрії (рис. 4.11)

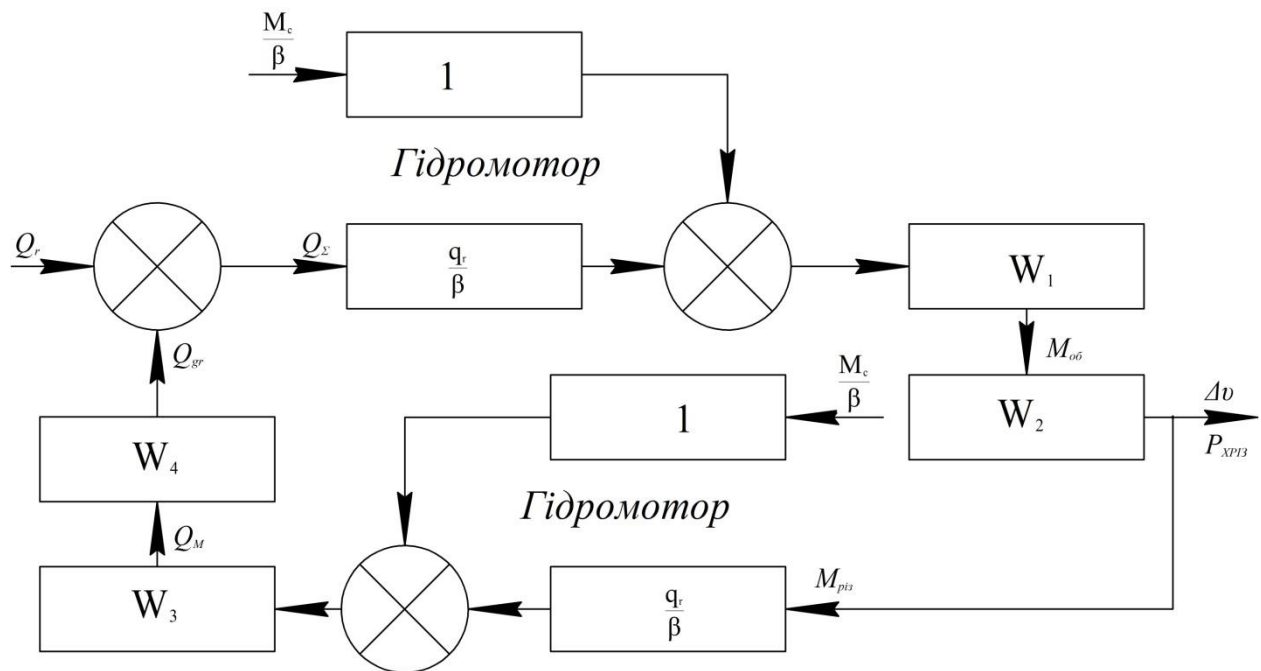


Рис. 4.11 Структурна схема АСК на базі ПГХ при адаптації по макрогеометрії

Визначимо загальну передавальну функцію всієї системи.

$$W_{\Sigma} = W_1 W_2 W_3 W_4 \quad (4.28)$$

Підставимо в рівняння 4.28 значення передавальних функцій.

$$W_{\Sigma} = \frac{k_1 k_2 k_3 k_4}{(T_1 p + 1)(T_3 p + 1) T_4 p} \quad (4.29)$$

Після математичних перетворень отримаємо наступне рівняння.

$$W_{\Sigma} = \frac{k_{\Sigma}}{T_1 T_3 T_4 p^3 + T_4 p^2 (T_1 + T_3) + p(T_1 + T_4) + 1} \quad (4.30)$$

де k_{Σ} – сумарний коефіцієнт.

$$k_{\Sigma} = k_1 k_2 k_3 k_4 \quad (4.31)$$

За допомогою програмного продукту наведеного в літературному джерелі [61] (рис.4.12.) побудуємо амплітудно-фазову частотну (рис. 4.13.), логарифмічну (рис. 4.14) та перехідну характеристику СРРР на базі ПГХ (рис.4.15) в умовах адаптивного керування.

У відповідності до отриманих характеристик, а саме амплітудно-фазової частотної характеристики можливо зробити висновок, що АСК на базі ПГХ у при адаптації по мікрогеометрії буде працювати стало.

Висновки. В результаті проведеного дослідження в динаміці було визначено, АСК керування буде працювати стало та точно в процесі диференціальної адаптації в не залежності від виду геометричного відхилення. Це підтверджується амплітудно-фазовими частотними характеристиками в процесі динаміці.

Рекомендації. Розробити теоретичну схему хонінгувального верстата з врахуванням приведеної системи АСК на базі ПГХ, з дотримання приведених вимог.

Побудова частотних і перехідних характеристик

ПЕРЕДАТОЧНА ФУНКЦІЯ СИСТЕМИ

Порядок чисельника: 0 Порядок знаменника: 3

ЧИСЕЛЬНИК		ЗНАМЕННИК	
коефіцієнт	величина	коефіцієнт	величина
A0 =	0.1	B0 =	0.17
		B1 =	1
		B2 =	0.17
		B3 =	1

Вихідні дані для побудови перехідної характеристики

Час інтегрування, с: 1.0

Крок, с: 0.01

Перехідна характеристика

Вихідні дані для побудови частотних характеристик

Частота min, рад/с: 0.1

Частота max, рад/с: 800

Крок, рад/с: 0.02

А.Ф.Ч.Х.

Лог. Ч.Х.

Exit Help

Рис. 4.12 Головна форма програмного продукту [61]

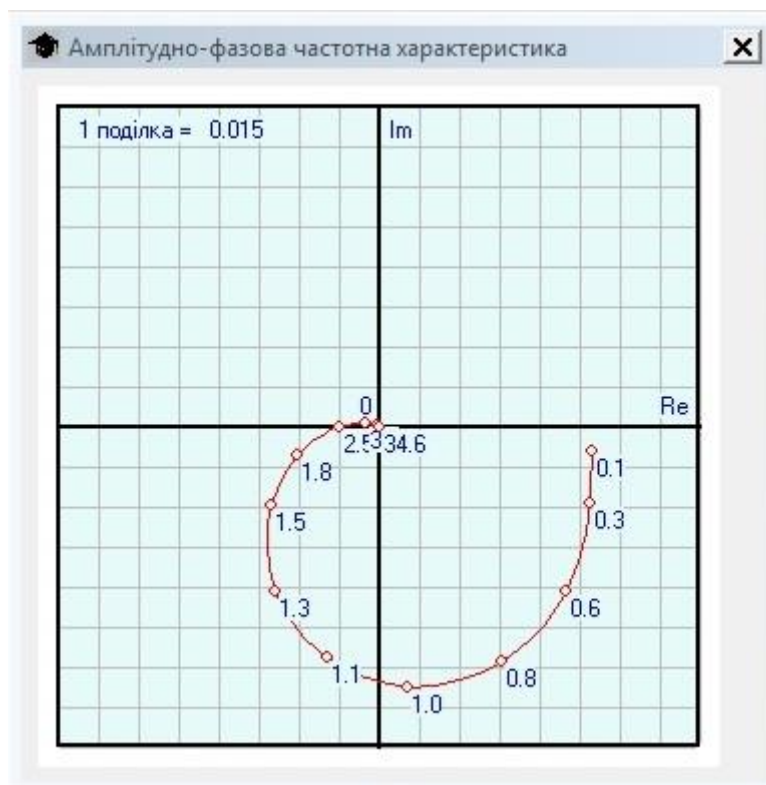


Рис. 4.13 Амплітудно-фазова частотна характеристика СРРР на базі ПГХ

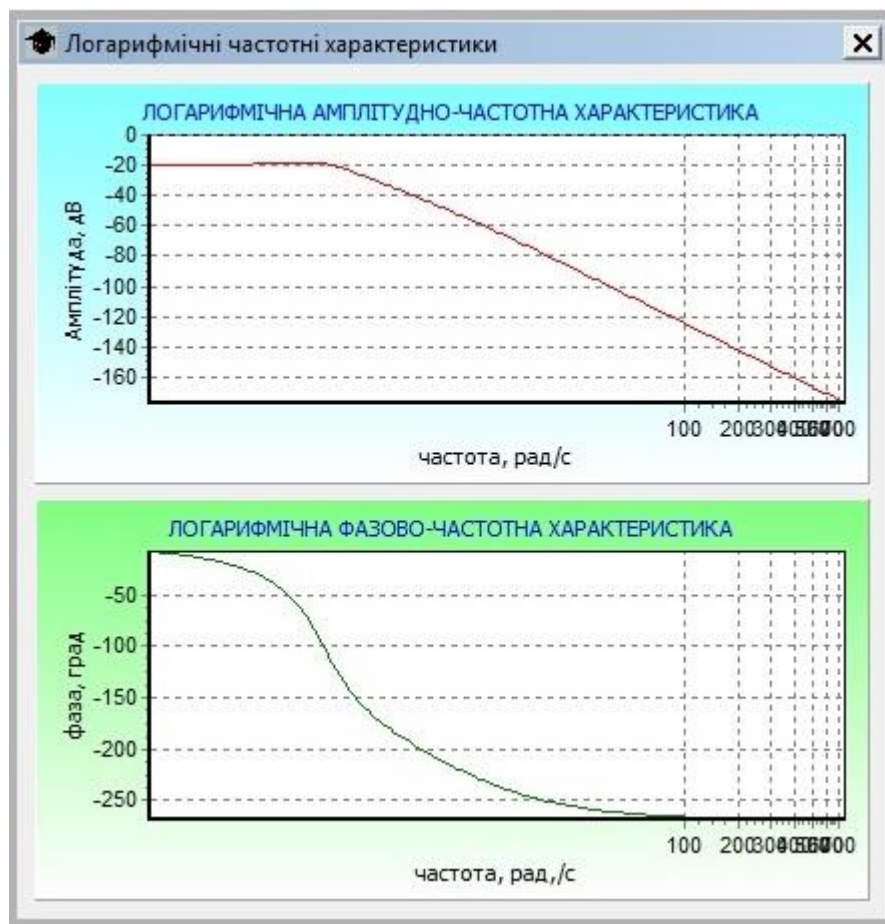


Рис. 4.14. Логарифмічна характеристика СРРР на базі ПГХ

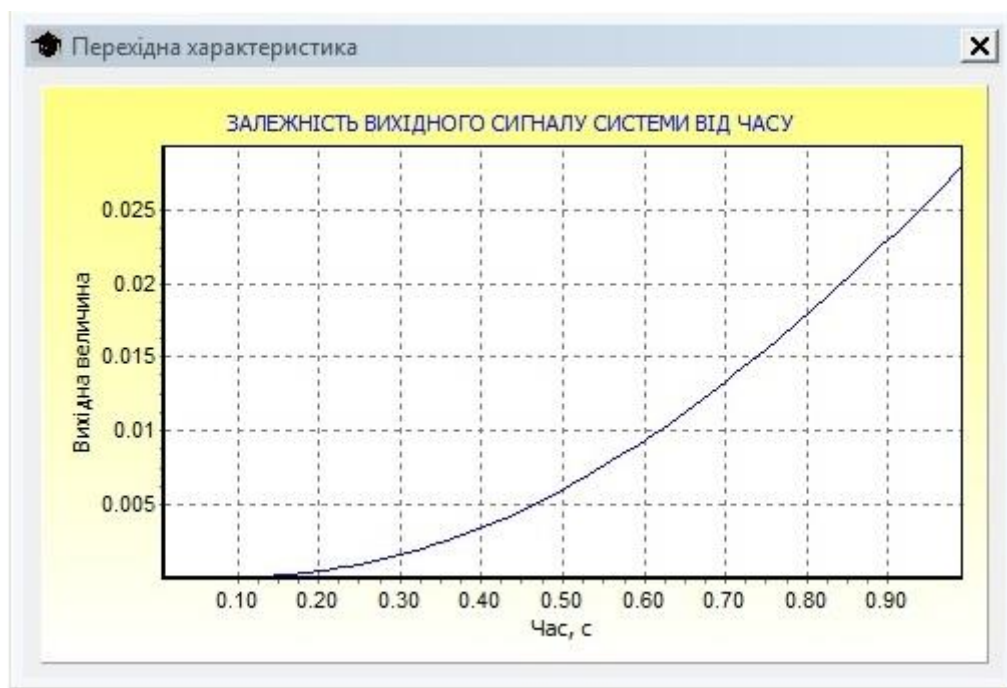


Рис. 4.15. Перехідна характеристика СРРР на базі ПГХ

5. ОРГАНІЗАЦІЙНА ЧАСТИНА

5.1 Розрахунок потрібної кількості обладнання та коефіцієнту його завантаження

Потрібну кількість робочих місць на усіх операціях технологічного процесу механічної обробки деталі «рейка-поршень УЯИШ 716652.70» визначимо за формулою:

$$q_{p(i)} = \frac{N_z \cdot t_{um(i)}}{F_{opm} \cdot 60 \cdot k_g}, \quad (5.1)$$

де $t_{um(i)}$ - штучний час i -ої операції, хв.;

F_{opm} - дійсний річний фонд часу роботи обладнання, годин:

$$F_{opm} = F_n \cdot S \cdot (1 - 0,01 \cdot f), \quad (5.2)$$

де F_n - номінальний (режимний) фонд часу роботи обладнання в одну зміну, год. (визначається за календарем з урахуванням кількості святкових та вихідних днів у поточному році, а також 8-годинній тривалості зміни);

S - режим (кількість змін) роботи цеху;

f - регламентований процент втрат робочого часу, пов'язаний з плановими простоями обладнання під час планових ремонтів та міжремонтного обслуговування. Для механообробного обладнання величина f може складати 8-10% [1, с. 4].

$$F_{opm} = (365 - 104 - 11) \cdot 8 \cdot 2 \cdot (1 - 0,01 \cdot 8) = 3680 \text{ год.}$$

k_g - нормативний коефіцієнт виконання норм часу (приймається у розмірі 1,01-1,1 згідно з [1, с. 4]).

На операції 005 техпроцесу:

$$q_{p(1)} = \frac{4800 \cdot 1,91}{3680 \cdot 60 \cdot 1,01} = 0,041$$

Аналогічно виконані розрахунки по інших операціях техпроцесу зведемо до табл. 5.1.

Коефіцієнт завантаження обладнання по кожній деталі-операції:

$$\eta_{z(i)} = \frac{q_{p(i)}}{q_{np(i)}} \quad (5.3)$$

де $q_{np(i)}$ - прийнята (ціла) кількість робочих місць.

Так, наприклад, на операції 005 техпроцесу:

$$\eta_{z(1)} = \frac{0,04}{1} = 0,04.$$

Аналогічно виконані розрахунки по інших операціях техпроцесу зведемо до табл. 6.1.

Середній коефіцієнт завантаження робочих місць на усіх операціях технологічного процесу виготовлення деталі:

$$\bar{\eta}_z = \frac{\sum_{i=1}^m q_{p(i)}}{\sum_{i=1}^m q_{np(i)}} = \frac{8,71}{21} = 0,41 \quad (5.4)$$

де m - кількість операцій технологічного процесу.

Таблиця 5.1 - Розрахунок завантаження обладнання

№ операції	Найменування операції	t_{um} , хв.	Кількість обладнання		η_z	$\bar{\eta}_z$
			q_p	q_{np}		
005	Відрізна	1,91	0,04	1	0,04	0,40
010	Токарна з ЧПУ	34,96	0,75	1	0,75	
015	Відрізна	35,20	0,76	1	0,76	
020	Фрезерна з ЧПУ	10,68	0,23	1	0,23	
025	Фрезерна з ЧПУ	9,63	0,21	1	0,21	
030	Фрезерна з ЧПУ	9,63	0,21	1	0,21	
035	Фрезерна з ЧПУ	76,2	1,64	2	0,82	
040	Фрезерна з ЧПУ	3,30	0,07	1	0,07	
045	Токарна з ЧПУ	4,23	0,09	1	0,09	
050	Фрезерна з ЧПУ	1,75	0,04	1	0,04	
055	Фрезерна з ЧПУ	9,86	0,21	1	0,21	
060	Свердлильна	11,0	0,24	1	0,24	
065	Свердлильна	4,40	0,09	1	0,09	
070	Плоскошліфувальна	20,0	0,43	1	0,43	
075	Внутрішньошліфувальна з ЧПУ	32,0	0,69	1	0,69	
080	Круглошліфувальна напівавтоматна	35,0	0,75	1	0,75	
085	Плоскошліфувальна	15,0	0,32	1	0,32	
090	Плоскошліфувальна з ЧПУ	65,0	1,40	2	0,70	
095	Координатно-шліфувальна	15,0	0,32	1	0,32	

100	Універсально-заточна	10,0	0,22	1	0,22	
	Всього	404,75	8,71	22	7,19	

5.2 Розрахунок календарно-планових нормативів

До календарно-планових нормативів серійного виробництва належать:

- розмір партії деталей;
- кількість запусків партії деталей;
- періодичність (ритм) запуску-випуску партії деталей;
- тривалість операційних та технологічних циклів обробки деталі;
- розмір циклового запасу деталей.

Розмір партії деталей розраховуємо у два етапи: спочатку визначимо розрахунковий розмір партії, а потім цю величину скорегуємо з урахуванням виробничих умов.

Для визначення розрахункового розміру партії деталей n_p скористаємося другим методом [1, с. 5], який застосовується у тому разі, коли в технологічному процесі відсутні трудомісткі за переналагоджуванням операції (тобто підготовчо-заклучний час не перевищує 30 хв.). Щоб не допускати частих переналагоджувань обладнання, час виготовлення партії деталей на найбільш продуктивній операції не повинен бути меншим, ніж половина зміни. Тобто:

$$n_p = \frac{0,5F_{зм.д}}{t_{ум}^{min}}, \quad (5.5)$$

де $F_{зм.д}$ - дійсний фонд часу зміни (440 хв.);

$t_{ум}^{min}$ - штучний час на найбільш продуктивній операції техпроцесу, хв.

$$n_p = \frac{0,5 \cdot 440}{1,75} = 126 \text{ шт.}$$

Для спрощення планування та обліку, партія деталей повинна укладатися в річну програму запуску ціле число разів. Тому, після визначення розрахункової кількості партій протягом року за формулою:

$$A_p = \frac{N_z}{n_p} = \frac{4800}{126} = 38, \quad (5.6)$$

визначимо фактичну кількість партій (A_ϕ) шляхом підбору найближчого до A_p цілого значення з уніфікованого ряду:

$$1, 2, 4, 8, 12, 18, 24, 36, 48, 52, 104, 250,$$

після чого скорегуємо, відповідно до отриманого значення A_ϕ , розмір партії деталей:

$$n_{np} = \frac{N_3}{A_\phi} = \frac{4800}{36} = 133 \text{ шт.} \quad (5.7)$$

Періодичність (ритм) запуску-випуску партій деталей:

$$R_3 = \frac{T_p}{A_\phi} = \frac{250}{36} = 7 \text{ роб. днів,} \quad (5.8)$$

де T_p - кількість робочих днів протягом року.

Тривалість багатоопераційного виробничого циклу виготовлення партії деталей залежить від тривалості операційних циклів, способу їхнього сполучення у часі (прийнятого виду руху партії деталей) та часу межопераційних перерв.

Тривалість операційного циклу:

$$T_{o(i)} = \frac{n_{np} \cdot t_{\kappa-\partial(i)}}{S \cdot F_{зм.д}}, \quad (5.9)$$

де n_{np} - остаточно прийнятий розмір партії деталей, шт.;

$t_{\kappa-\partial(i)}$ – калькуляційно-дійсний час на даній детале-операції, хв.

$$t_{\kappa-\partial(i)} = \frac{t_{um(i)}}{k_\epsilon \cdot p_{m(i)} \cdot q_{np(i)}} + \frac{t_{n-3(i)}}{n_{np}}, \quad (5.10)$$

де k_ϵ - коефіцієнт виконання норм на даній операції;

$p_{m(i)}$ - технологічна партія деталей (кількість деталей, що одночасно оброблюються в багатопозиційному пристосуванні), шт.

$q_{np(i)}$ - кількість робочих місць, які працюють на даній операції паралельно.

Результати розрахунків $t_{\kappa-\partial(i)}$ і $T_{o(i)}$ зведемо до табл. 5.2.

Таблиця 5.2 - Розрахунок тривалості циклу

№ операції	Найменування операції	t_{um} , хв.	t_{n-3} , хв.	$t_{к-д}$, хв.	T_o , днів	t_{mo} , днів
005	Відрізна	1,91	8	1,970	0,74	1,5
010	Токарна з ЧПУ	34,96	24	35,140	13,18	1,5
015	Відрізна	35,20	8	35,260	13,22	1,5
020	Фрезерна з ЧПУ	10,68	12	10,770	4,04	1,5
025	Фрезерна з ЧПУ	9,63	12	9,720	3,65	1,5
030	Фрезерна з ЧПУ	9,63	12	9,720	3,65	1,5
035	Фрезерна з ЧПУ	76,2	12	38,190	14,32	1,5
040	Фрезерна з ЧПУ	3,30	10	3,375	1,27	1,5
045	Токарна з ЧПУ	4,23	24	4,410	1,65	1,5
050	Фрезерна з ЧПУ	1,75	12	1,840	0,69	1,5
055	Фрезерна з ЧПУ	9,86	24	10,040	3,77	1,5
060	Свердлильна	11,0	8	11,060	4,15	1,5
065	Свердлильна	4,40	8	4,460	1,67	1,5
070	Плоскошліфувальна	20,0	8	20,060	7,52	1,5
075	Внутрішньошліфувальна з ЧПУ	32,0	8	32,060	12,02	1,5
080	Круглошліфувальна напівавтоматна	35,0	8	35,060	13,15	1,5
085	Плоскошліфувальна	15,0	8	15,060	5,65	1,5
090	Плоскошліфувальна з ЧПУ	65,0	8	32,560	4,92	1,5
095	Координатно-шліфувальна	15,0	24	15,180	5,69	1,5
100	Універсально-заточна	10,0	8	10,060	3,77	1,5
	Всього	404,75	-	335,995	118,7	30,0

Для даної партії деталей може бути обраний паралельно-послідовний рух партії деталей, який застосовується при тривалості операційних циклів, що в середньому перевищують два дні, та розташуванні обладнання за ходом технологічного процесу. Тривалість виробничого циклу при паралельно-послідовному русі:

$$T_{n-n} = \sum_{i=1}^m T_{o_i} - \frac{(n-p) \sum_{i=1}^{m-1} t_{к-д(i)}^{kop}}{S \cdot F_{зм.д}} + \sum_{i=1}^m t_{mo}, \quad (5.11)$$

де t_{mo} - час міжопераційної перерви, днів.

$$t_{mo} = \frac{(0,25 \dots 0,8) \cdot \sum_{i=1}^m T_{o_i}}{m} = \frac{0,25 \cdot 118,7}{20} = 1,5 \text{ дні}, \quad (5.12)$$

p - кількість деталей у транспортній партії:

$$p = \left(\frac{1}{4} \div \frac{1}{10} \right) \cdot n_{np} = \frac{1}{7} \cdot 133 = 19 \text{ шт.}, \quad (5.13)$$

$t_{\kappa-\partial(i)}^{kop}$ - калькуляційно-дійсний час найкоротшої з кожної пари суміжних операцій, хв.

$$\sum_{i=1}^{m-1} t_{\kappa-\partial(i)}^{kop} = 1,97 + 35,14 + 10,77 + 9,72 + 9,72 + 9,72 + 3,375 + 3,375 + 1,84 + 1,84 + 10,04 + 4,46 + 4,46 + 20,06 + 32,06 + 15,06 + 15,06 + 15,18 + 10,06 = 213,91 \text{ хв.}$$

$$T_{n-n} = \sum_{i=1}^m T_{o_i} - \frac{(n-p) \sum_{i=1}^m t_{\kappa-\partial(i)}^{kop}}{S \cdot F_{зм.д}} + \sum_{i=1}^m t_{mo} = 118,7 - \frac{(133-19) \cdot 213,91}{2 \cdot 440} + 30 = 82 \text{ дн.}$$

Графік паралельно-послідовного виду руху партії деталей «рейка-поршень» представлено на рис. 5.1.

Середній розмір *циклового запасу* деталей визначається за формулою:

$$z_u = \frac{n_{np} \cdot T_u}{R_z} = \frac{133 \cdot 82}{7,0} = 1159 \text{ шт.}, \quad (5.14)$$

де T_u - тривалість виробничого циклу виготовлення партії деталей, дн.

5.3 Визначення чисельності основних робітників цеху

До основних належать робітники, безпосередньо зайняті виконанням технологічних операцій. Їх чисельність у серійному виробництві визначається за формулою:

$$R_o = \frac{T_p}{F_{dp}}, \quad (5.15)$$

де T_p - трудомісткість річної виробничої програми, нормо-годин.

$$T_p = N_z \cdot \frac{\sum_{i=1}^m t_{um_i}}{60} \cdot K_{дов} \cdot (1 + 0,01 \cdot d), \quad (5.16)$$

де $K_{дов}$ - коефіцієнт довантаження обладнання до нормативного ($\eta_{зн}$) для даного типу виробництва [1, дод. Д1]:

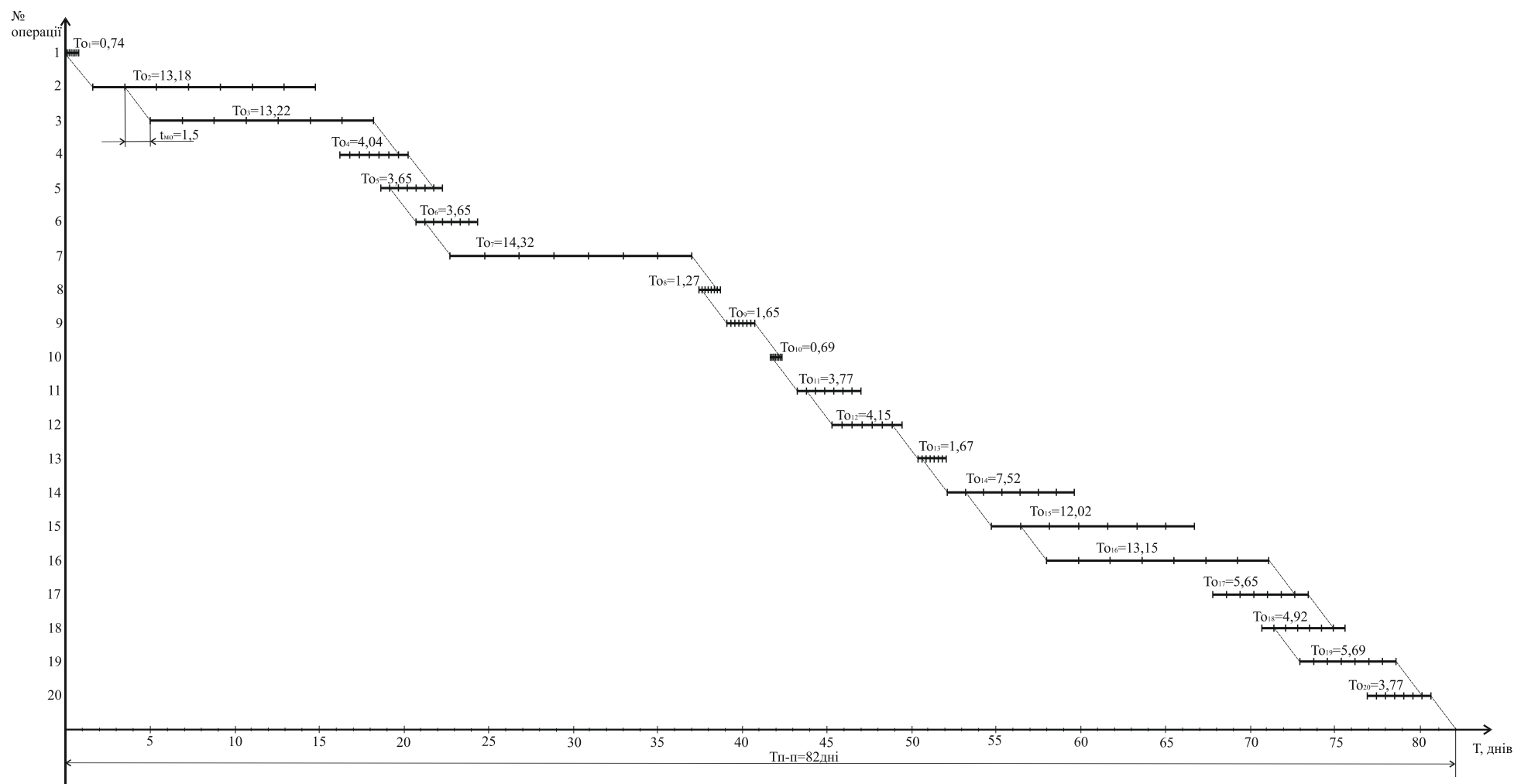


Рис. 5.1 - Графік паралельно-послідовного виду руху партії деталей «рейка-поршень» $n=133$ шт.

$$K_{\text{доп}} = \frac{\eta_{\text{зн}}}{\bar{\eta}} = \frac{0,8}{0,41} = 1,95 \quad (5.17)$$

d - процент додаткових робіт, непередбачених технологічним процесом (виправлення браку, доробка, комплектація тощо), $d=15\ldots 20\%$;

$F_{\text{др}}$ - дійсний річний фонд часу роботи одного робітника, год. (залежить від номінального фонду часу поточного року F_n , зменшеного на процент невиходів на роботу з поважних причин C_n (8...10%)):

$$F_{\text{др}} = F_n \cdot (1 - 0,01 \cdot C_n) = 2000 \cdot (1 - 0,01 \cdot 8) = 1840 \text{ год.}, \quad (5.18)$$

$$T_p = 4800 \cdot \frac{404,75}{60} \cdot 1,95 \cdot (1 + 0,01 \cdot 20) = 75769,2 \text{ нормо-год.}$$

$$R_o = \frac{75769,2}{1840} = 41 \text{ особа.}$$

6. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

6.1 Аналіз варіантів технологічного процесу

Для визначення доцільності впровадження запропонованого у даній кваліфікаційній роботі варіанту технологічного процесу, проведемо його економічний аналіз шляхом визначення та порівняння технологічної собівартості виготовлення деталі по кожному з порівнюваних варіантів (базовому і проектному):

$$C_{tex} = V \cdot N_z + P, \quad (6.1)$$

де V – змінні витрати у технологічній собівартості, величина яких змінюється пропорційно зміні обсягу випуску продукції, грн./рік.

P – постійні витрати, величина яких не змінюється або змінюється неістотно в залежності від зміни річного випуску продукції грн./рік.

Порівнюючи варіанти технологічного процесу, проаналізуємо та зіставимо лише ті статті витрат, величина яких змінюється при переході від одного варіанту до іншого.

6.1.1 Розрахунок змінних витрат

За поелементним методом розрахунку змінні витрати визначаються за формулою:

$$V = M_o + Z_{одв} + E_c + B_p + B_{мд} + B_{ін.ун} + B_{пр.ун} + B_{ам.у} + B_{ен}, \quad (6.2)$$

де M_o – вартість основних матеріалів (не змінюються у порівнюваних варіантах техпроцесу, тому не розраховуються), грн.;

$Z_{одв}$ – заробітна плата виробничих робітників основна, додаткова з урахуванням єдиного соціального внеску, грн.;

E_c – витрати на електроенергію силову, грн.;

B_p – витрати на ремонт обладнання, грн.;

$B_{мд}$ – витрати на матеріали допоміжні, грн.;

$B_{ін.ун}$ – витрати на експлуатацію універсального ріжучого інструменту, грн. (однакові у порівнюваних варіантах);

$B_{ам.у}$ – витрати на амортизацію універсального обладнання, грн.;

$B_{ен}$ – витрати на експлуатацію приміщень, грн.

Витрати на заробітну плату основну, додаткову з урахуванням єдиного соціального внеску:

$$Z_{\text{одв}} = C_{z(i)} \frac{t_{\text{ум}(i)}}{60} (1 + K_{\text{д}}) \cdot (1 + K_{\text{с}}), \quad (6.3)$$

де $C_{z(i)}$ – годинна тарифна ставка відповідного розряду i -тої операції техпроцесу, грн./год.;

$t_{\text{ум}(i)}$ - штучний час i -тої операції, хв.;

$K_{\text{д}}, K_{\text{с}}$ – коефіцієнти, які враховують відповідно додаткову заробітну плату та відрахування на соціальні потреби (єдиний соціальний внесок).

В базовому варіанті:

$$Z_{\text{одв.баз}} = \frac{70,18 \cdot 81,97 + 77,979 \cdot 20}{60} \cdot (1 + 0,1) \cdot (1 + 0,22) = 163,551 \text{ грн.}$$

В проектному варіанті:

$$Z_{\text{одв.пр}} = 70,18 \cdot \frac{34,96}{60} \cdot (1 + 0,1) \cdot (1 + 0,22) = 36,869 \text{ грн.}$$

Для розрахунку наступних статей витрат, пов'язаних з утриманням та експлуатацією обладнання, на основі [1, дод. Д2 та 2, с. 91] складемо табл. 6.1 характеристики обладнання, яке використовується у порівнюваних операціях базового та проектного технологічних процесів.

Таблиця 6.1 - Характеристика обладнання

Модель обладнання	Габаритні розміри: довжина × ширина, м	Потужність електро-двигунів верстата, кВт	Ма-са, т	Група ремонтної складності механічної/електричної частини, УРО	Пло-ща в плані $S_{\text{од}}, \text{м}^2$	Оптова ціна, тис. грн.
Базовий техпроцес						
1К625 Токарний	3,91×1,20	10,0	3,0	14,5/8	4,69	104,0
2Н135 Свердлильний	2,69×0,83	4,0	2,5	8/5,5	2,23	71,5
3М152В Круглошліфувальний	4,90×2,30	10,0	6,1	8/8	11,27	96,2
3Е711 Плоскошліфувальний	1,67×1,80	4,0	3,4	8,5/8	3,01	123,5
16А20Ф3 Токарний з ЧПУ	3,36×1,71	11,0	5,2	11/12	5,75	257,04
Проектний техпроцес						
PUMA 2100MS Токарний з ЧПУ	4,03×1,90	15,0	5,95	25/18	7,66	1950

Витрати на електроенергію силову:

$$E_c = \frac{N_{\epsilon} \cdot K_o \cdot K_N \cdot K_{\delta}}{\eta_{\epsilon} \cdot \eta_m} \cdot \frac{t_{um}}{60} \cdot C_{el}, \quad (6.4)$$

де N_{ϵ} – встановлена потужність електродвигунів обладнання, кВт;

K_o – коефіцієнт одночасної роботи двигунів, $K_o=0,65\dots0,8$;

K_N – коефіцієнт, який враховує завантаження електродвигунів за потужністю (приймається у розмірі 0,4...0,5 – для шліфувальних верстатів; 0,5...0,6 – для токарних та свердлувальних верстатів);

K_{δ} – коефіцієнт, який враховує завантаження електродвигунів за часом, $K_{\delta}=0,3\dots0,5$;

η_{ϵ} – коефіцієнт, що враховує втрати електроенергії в мережі, $\eta_{\epsilon}=0,92\dots0,96$;

η_m – ККД електродвигунів, $\eta_m=0,86\dots0,9$;

C_{el} – ціна 1 кВт-год електроенергії без ПДВ, грн.

$$E_{c.баз} = \frac{(10 \cdot 40,44 + 4 \cdot 44,08 + 11 \cdot 17,45) \cdot 0,7 \cdot 0,5 \cdot 0,4}{60 \cdot 0,95 \cdot 0,88} \cdot 7,50 = 16,173 \text{ грн.}$$

$$E_{c.пр} = \frac{15 \cdot 0,7 \cdot 0,5 \cdot 0,4}{0,95 \cdot 0,88} \cdot \frac{34,96}{60} \cdot 7,50 = 10,976 \text{ грн.}$$

Витрати на ремонт обладнання:

$$B_p = \frac{W_m \cdot R_m + W_e \cdot R_e}{T_{pc}} \cdot \frac{t_{um}}{60}, \quad (6.5)$$

де W_m , W_e – витрати на всі види ремонту та обслуговування за ремонтний цикл, які припадають на одиницю ремонтної складності, відповідно механічної та електричної частини обладнання, грн.;

R_m , R_e – категорія ремонтної складності відповідно механічної та електричної частин обладнання, УРО;

T_{pc} – тривалість ремонтного циклу, год., розраховується за формулою:

$$T_{pc} = T_{pc.n} \cdot \beta_m \cdot \beta_{тв} \cdot \beta_n \cdot \beta_{\epsilon}, \quad (6.6)$$

де $T_{pc.n}$ – норматив тривалості міжремонтного циклу (для металорізального обладнання $T_{pc.n}=24000$ год.);

β – коефіцієнти, які враховують: оброблюваний матеріал ($\beta_m=0,85$ для металорізального обладнання); тип виробництва ($\beta_{тв}=1,0$ для великосерійного виробництва); значення основного параметру ($\beta_n=1,0$ для металорізального обладнання); масу обладнання ($\beta_s=1,0$ для легких та середніх металорізальних верстатів з масою до 10 т).

$$T_{рц} = 24000 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 20400 \text{ год.}$$

$$B_{р.баз} = \frac{(880 \cdot 14,5 + 566 \cdot 8) \cdot 20,44 + (880 \cdot 8 + 566 \cdot 5,5) \cdot 24,08 + (880 \cdot 8 + 566 \cdot 8) \cdot 20,0}{20400 \cdot 60} + \frac{(880 \cdot 8,5 + 566 \cdot 8) \cdot 20,0 + (880 \cdot 11 + 566 \cdot 12) \cdot 17,45}{20400 \cdot 60} = 1,108 \text{ грн.}$$

$$B_{р.пр} = \frac{(880 \cdot 25 + 566 \cdot 18) \cdot 34,96}{20400 \cdot 60} = 0,920 \text{ грн.}$$

Витрати на допоміжні матеріали:

$$B_{мд} = \frac{M_{зв} \cdot R_m \cdot t_{ум}}{100 \cdot 60} \cdot K_{\epsilon}, \quad (6.7)$$

де $M_{зв}$ – годинні витрати на допоміжні матеріали, коп.;

K_{ϵ} – коефіцієнт, який враховує тип виробництва.

$$B_{мд.баз} = \frac{79,5 \cdot (20,44 \cdot 14,5 + 44,08 \cdot 8 + 20 \cdot 8,5 + 11 \cdot 17,45)}{100 \cdot 60} \cdot 1,1 = 2,789 \text{ грн.}$$

$$B_{мд.пр} = \frac{79,5 \cdot 25 \cdot 34,96}{100 \cdot 60} \cdot 1,1 = 12,740 \text{ грн.}$$

Витрати на амортизацію універсального обладнання:

$$B_{ам} = \frac{\Phi_{бал} \cdot H_a \cdot t_{ум}}{F_{орм} \cdot 60 \cdot 100 \cdot \eta_{зн}}, \quad (6.8)$$

де $\Phi_{бал}$ – балансова вартість одиниці обладнання, грн.

$$\Phi_{бал} = C_{онт} \cdot (1 + K_{тр} + K_m + K_{\phi}), \quad (6.9)$$

де $C_{онт}$ – оптова ціна обладнання, грн.;

$K_{тр}$, K_m , K_{ϕ} – коефіцієнти, які враховують відповідно витрати на транспортування обладнання (0,05...0,1), його монтаж (0,04...0,06), улаштування фундаменту (0,02...0,08);

H_a – норма амортизації на реновацію, %.

$$B_{ам.баз} = \frac{(104000 \cdot 20,44 + 71500 \cdot 24,08 + 96200 \cdot 20,0) \cdot 1,19 \cdot 15}{3680 \cdot 60 \cdot 100 \cdot 0,8} + \frac{(123500 \cdot 20,0 + 257400 \cdot 17,45) \cdot 1,19 \cdot 15}{3680 \cdot 60 \cdot 100 \cdot 0,8} = 12,867 \text{ грн.}$$

$$B_{ам.пр} = \frac{1950000 \cdot 34,96 \cdot 1,16 \cdot 15}{3680 \cdot 60 \cdot 100 \cdot 0,8} = 67,153 \text{ грн.}$$

Витрати на експлуатацію приміщення:

$$B_{ен} = \frac{S_{од} \cdot k_f \cdot C}{F_{орм} \cdot \eta_{зн}} \cdot \frac{t_{ум}}{60}, \quad (6.10)$$

де $S_{од}$ – площа в плані, яку займає одиниця обладнання, m^2 ;

k_f – коефіцієнт, який враховує додаткову площу (проходи, проїзди, транспортно-складські приміщення) [1, табл. 4].

C – річні витрати, пов'язані з експлуатацією $1m^2$ виробничого приміщення, грн.

$$B_{ен.баз} = \frac{(4,69 \cdot 3 \cdot 20,44 + 2,23 \cdot 3,5 \cdot 24,08 + 11,27 \cdot 2 \cdot 20,0) \cdot 320}{3680 \cdot 60 \cdot 0,8} + \frac{(3,01 \cdot 3,5 \cdot 20,0 + 5,75 \cdot 3 \cdot 17,45) \cdot 780}{3680 \cdot 60 \cdot 0,8} = 6,350 \text{ грн.}$$

$$B_{ен.пр} = \frac{7,66 \cdot 3 \cdot 34,96 \cdot 780}{3680 \cdot 60 \cdot 0,8} = 3,547 \text{ грн.}$$

6.1.2 Розрахунок постійних витрат

За поелементним методом розрахунку постійні витрати включають:

$$P = B_{нал} + B_{сп.осн} + B_{ам.сп} + B_{пр}, \quad (6.11)$$

де $B_{нал}$ – витрати на налагодження обладнання, грн.;

$B_{сп.осн}$ – витрати на експлуатацію спеціального оснащення, грн. (у порівнюваних варіантах відсутнє);

$B_{ам.сп}$ – витрати на амортизацію спеціального обладнання (у порівнюваних варіантах відсутнє), грн.;

$B_{пр}$ – витрати на створення програмного забезпечення верстатів з ЧПУ.

Витрати на налагодження обладнання:

$$B_{нал} = C_{гн} \cdot \frac{t_{n-3}}{60} \cdot (1 + K_{\delta}) \cdot (1 + K_c) \cdot A, \quad (6.12)$$

де $C_{гн}$ – годинна тарифна ставка наладчика відповідного розряду грн./год.;

t_{n-3} – підготовчо-заклучний час даної операції, хв.;

A – кількість партій, що відповідає кількості переналагоджень за рік.

$$B_{нал.баз} = (88,375 \cdot \frac{8 \cdot 7}{60} + 103,970 \cdot \frac{24}{60}) \cdot (1 + 0,1) \cdot (1 + 0,22) \cdot 8 = 1332,09 \text{ грн.}$$

$$B_{нал.пр} = 103,970 \cdot \frac{24}{60} \cdot (1 + 0,1) \cdot (1 + 0,22) \cdot 36 = 2008,03 \text{ грн.}$$

Витрати на створення програмного забезпечення:

$$B_{пр} = T_{пр} \cdot Z_{год} \cdot K_{\delta c}, \quad (6.13)$$

де $T_{пр}$ – трудомісткість підготовки програмного забезпечення, яка враховує трудомісткість розробки операційної карти техпроцесу, керуючої програми, карт налагодження інструменту, карти кодування інформації, год.;

$Z_{год}$ – середньогодинна заробітна плата інженерів з підготовки програмного забезпечення, грн./год.;

$K_{\delta c}$ – коефіцієнт, який враховує додаткову заробітну плату та єдиний соціальний внесок.

$$B_{пр.баз} = 58,0 \cdot 136,81 \cdot 1,342 = 10648,44 \text{ грн.}$$

Вартість програмного забезпечення для проектного варіанту входить у вартість верстата PUMA 2100MS.

6.1.3 Розрахунок технологічної собівартості

Усі виконані розрахунки змінних та постійних витрат, а також розрахунок технологічної собівартості зведемо до табл. 6.2.

Технологічна собівартість:

$$C_{тех.баз} = 214,783 \cdot 4800 + 11980,53 = 1042939 \text{ грн.}$$

$$C_{тех.пр} = 132,205 \cdot 4800 + 2008,03 = 636592 \text{ грн.}$$

Таблиця 6.2 - Розрахунок технологічної собівартості

№ з/п	Статті витрат	Витрати, грн.	
		Базовий варіант	Проект
1.	<u>Змінні витрати V</u>		
1.1	Заробітна плата виробничих робітників основна, додаткова з єдиним соціальним внеском	163,551	36,869
1.2	Електроенергія силова	16,173	10,976
1.3	Ремонт обладнання	1,108	0,920
1.4	Матеріали допоміжні	14,734	12,740
1.5	Амортизація універсального обладнання	12,867	67,153
1.6	Експлуатація приміщень	6,350	3,547
	Всього змінних витрат	214,783	132,205
2.	<u>Постійні витрати P</u>		
2.1	Налагодження обладнання	1332,09	2008,03
2.2	Створення програмного забезпечення	10648,44	-
	Всього постійних витрат	11980,53	2008,03
	Технологічна собівартість річного випуску деталей C_{tex}	1042939	636592

За критерієм мінімуму технологічної собівартості більш ефективним для заданої програми запуску деталей «рейка-поршень» $N_z=4800$ шт. є проектний варіант технологічного процесу механічної обробки даної деталі.

Для розмежування області ефективного використання того чи іншого варіанту технологічного процесу розрахуємо критичну програму випуску деталей $N_{кр}$, за якої варіанти, що порівнюються, будуть рівноцінними, тобто $C_{tex.баз}=C_{tex.пр}$:

$$N_{кр} = \frac{P_{пр} - P_{баз}}{V_{баз} - V_{пр}} = \frac{2008,03 - 11980,53}{214,783 - 132,205} = -121 \text{ шт.}, \quad (6.14)$$

Від'ємне значення $N_{кр}$ означає, що за будь-якої програми запуску деталі «рейка-поршень» ефективнішим з економічної точки зору є проектний варіант технологічного процесу механічної обробки даної деталі.

6.1.4 Розрахунок показників економічної ефективності обраного варіанту технологічного процесу

Річний економічний ефект від застосування обраного варіанту технологічного процесу:

$$E_p = (C_{tex.баз} + E_n \cdot K_{баз}) - (C_{tex.пр} + E_n \cdot K_{пр}), \quad (6.15)$$

де E_n – нормативний коефіцієнт порівняльної економічної ефективності капітальних вкладень;

$K_{баз}$, K_{np} – відповідно капітальні вкладення базового і проектного варіантів техпроцесу, грн.

Капітальні вкладення по кожному варіанту складаються із вкладень в обладнання $\Phi_{бал}$, оснащення $B_{осн}$, а також у приміщення, яке це обладнання займає $K_{бюд}$, скореговані на коефіцієнт завантаження обладнання тих детале-операцій, які відрізняються у порівнюваних варіантах:

$$K = (\Phi_{бал} + B_{осн} + K_{бюд}) \cdot \eta_{з_i}, \quad (6.16)$$

Капітальні вкладення в будівлі розраховуємо за формулою:

$$K_{бюд} = S_{од} \cdot K_f \cdot q_{np} \cdot h \cdot \Pi_{бюд}, \quad (6.17)$$

де h - висота приміщення цеху, м;

$\Pi_{бюд}$ – ціна 1м² виробничої площі висотою 8-10 м, грн./м³.

$$K_{бюд.баз} = (4,69 \cdot 3 \cdot 3 + 2,23 \cdot 3,5 \cdot 2 + 11,27 \cdot 2 + 3,01 \cdot 3,5 + 5,75 \cdot 3) \cdot 8 \cdot 6200 = 5364240 \text{ грн.}$$

$$K_{бюд.пр} = 7,66 \cdot 3 \cdot 8 \cdot 6200 = 1139808 \text{ грн.}$$

Балансова вартість обладнання в базовому варіанті:

$$\Phi_{бал.баз} = (104,0 \cdot 3 + 71,5 \cdot 2 + 96,2 + 123,5 + 257,4) \cdot 1,19 = 1109,20 \text{ тис. грн.}$$

$$K_{баз} = (1109200 + 5364240) \cdot 0,27 = 1747829 \text{ грн.}$$

$$K_{пр} = (2262000 + 1139808) \cdot 0,75 = 2551356 \text{ грн.}$$

$$E_p = (1042939 + 0,16 \cdot 1747829) - (636592 + 0,16 \cdot 2551356) = 277800 \text{ грн.}$$

Для впровадження нового технологічного процесу необхідні додаткові капітальні вкладення, визначимо строк їх окупності:

$$T_{ок} = \frac{K_{пр} - K_{баз}}{C_{тех.баз} - C_{тех.пр}} = \frac{2551356 - 1747829}{1042939 - 636592} = 2 \text{ роки}, \quad (6.18)$$

Зниження трудомісткості виготовлення деталі при впровадженні проектного варіанту техпроцесу (у відсотках) розраховуємо за формулою:

$$\Delta T_p = \frac{\sum_{i=1}^m t_{um(i)}^{баз}}{\sum_{i=1}^m t_{um(i)}^{np}} \cdot 100 - 100 = \frac{101,97}{34,96} \cdot 100 - 100 = 191,7\%, \quad (6.19)$$

6.2 Розрахунок планової цехової собівартості деталі

Цехова собівартість виготовлення деталі визначається як сума калькуляційних статей витрат:

$$C_{цех} = M_o + Z_{од} + B_c + B_{ін} + B_o + B_{ц}, \quad (6.20)$$

де M_o - вартість основних матеріалів, грн.:

$Z_{од}$ - основна та додаткова заробітна плата основних виробничих робітників, грн.;

B_c - відрахування на соціальні потреби (єдиний соціальний внесок), грн.;

$B_{ін}$ - витрати на експлуатацію спеціального оснащення, грн.;

B_o - витрати на утримання та експлуатацію обладнання, грн.;

$B_{ц}$ - цехові витрати, грн.

Вартість основних матеріалів:

$$M_o = a_p \cdot Ц_m \cdot K_{mp} - a_{\epsilon} \cdot Ц_{\epsilon}, \quad (6.21)$$

де a_p - норма витрат матеріалу на деталь (сталі 25ХГТ), кг.;

$Ц_m$ - ціна матеріалу, грн./кг.;

K_{mp} - коефіцієнт, який враховує транспортно-заготівельні витрати, витрати на зберігання матеріалів (приймається у розмірі 1,05...1,08);

a_{ϵ} - маса відходів, кг.;

$Ц_{\epsilon}$ - ціна відходів, грн./кг.

$$M_o = 19,764 \cdot 39,2 \cdot 1,05 - 0,995 \cdot 5,88 = 807,628 \text{ грн.}$$

Заробітна плата основна й додаткова виробничих робітників:

$$Z_{од} = P_{\epsilon} (1 + K_{\delta}), \quad (6.22)$$

де P_{ϵ} - відрядний розцінок на деталь (основна зарплата), що визначається, як сума операційних розцінок $P_{on(i)}$:

$$P_{\epsilon} = \sum_1^m P_{on_i} = \sum_1^m \frac{e_{\epsilon od_i}^{\epsilon} \cdot t_{um-\kappa_i}}{60}, \quad (6.23)$$

де $e_{\epsilon od_i}^{\epsilon}$ - годинна тарифна ставка відрядника відповідного розряду роботи i -ої операції технологічного процесу, грн./год.;

$t_{um-\kappa_i}$ - штучно-калькуляційний час i -ої операції технологічного процесу, хв.:

$$t_{um-\kappa_i} = t_{um_i} + \frac{t_{n-3_i}}{n_{np}}, \quad (6.24)$$

n_{np} – розмір партії деталей, шт.

На першій операції техпроцесу:

$$t_{um-\kappa_1} = 1,91 + \frac{8}{133} = 1,970 \text{ хв.}$$

$$P_{on_1} = 70,18 \cdot \frac{1,970}{60} = 2,3042 \text{ грн./шт.}$$

Розрахунок відрядної розцінки на деталь зведемо до табл. 6.3.

Таблиця 6.3 - Розрахунок відрядної розцінки на деталь

№ оп.	Найменування операції	$t_{um-\kappa}$, хв.	Розряд	Годинна тарифна ставка, грн./год.	Розцінка на деталь, грн.
1	2	3	4	5	6
005	Відрізна	1,970	3	70,180	2,3042
010	Токарна	35,140	3	70,180	41,1021
015	Відрізна	35,260	3	70,180	41,2424
020	Фрезерна	10,770	3	70,180	12,5973
025	Фрезерна	9,720	3	70,180	11,3692
030	Фрезерна	9,720	3	70,180	11,3692
035	Фрезерна	76,290	3	70,180	89,2339
040	Фрезерна	3,375	3	70,180	3,9476
045	Токарна	4,410	3	70,180	5,1582
050	Фрезерна	1,840	3	70,180	2,1522
055	Фрезерна	10,040	3	70,180	11,7435
060	Свердлильна	11,060	3	70,180	12,9365
065	Свердлильна	4,460	3	70,180	5,2167
070	Шліфувальна	20,060	4	77,979	26,0710
075	Шліфувальна	32,060	4	77,979	41,6668
080	Шліфувальна	35,060	4	77,979	45,5657
085	Шліфувальна	15,060	4	77,979	19,5727
090	Шліфувальна	65,060	4	77,979	84,5552
095	Шліфувальна	15,180	4	77,979	19,7287

100	Заточна	10,060	4	77,979	13,0745
	Всього	406,595	-	-	500,608

$$Z_{od} = 500,608 \cdot (1 + 0,1) = 550,669 \text{ грн.}$$

Відрахування на соціальні потреби виробничих робітників:

$$B_c = 550,669 \cdot \frac{22}{100} = 121,147 \text{ грн.,} \quad (6.25)$$

де K_c - відсоток єдиного соціального внеску.

Витрати на експлуатацію спеціального оснащення, що припадають на одну деталь, складають 24-36 грн. на одну нормо-годину трудомісткості виготовлення деталі (менше значення відповідає ДС, більше – ВС).

$$B_{осн} = 36 \cdot \frac{404,75}{60} = 242,850 \text{ грн.}$$

Витрати на утримання і експлуатацію обладнання:

$$B_o = 500,608 \cdot \frac{320}{100} = 1601,946 \text{ грн.,} \quad (6.26)$$

де Π_{60} - процент витрат на утримання та експлуатацію обладнання;

Z_o - основна заробітна плата за виготовлення деталі, грн.

Загальноцехові витрати в собівартості деталі:

$$B_{ц} = 500,608 \cdot \frac{280}{100} = 1401,702 \text{ грн.,} \quad (6.27)$$

де $\Pi_{ц}$ – процент цехових витрат.

Калькуляцію цехової собівартості деталі слід звести до табл. 6.4.

Таблиця 6.4 - Калькуляція цехової собівартості виготовлення деталі

№ з/п	Найменування статей	Витрати, грн.
1.	Матеріали основні з відрахуванням зворотних відходів	807,628
2.	Основна заробітна плата виробничих робітників	500,608
3.	Додаткова заробітна плата виробничих робітників	50,061
4.	Відрахування у соціальні фонди	121,147
5.	Експлуатація спеціального оснащення	242,850
6.	Витрати на утримання і експлуатацію обладнання	1601,946
7.	Цехові витрати	1401,702
8.	Всього цехова собівартість $C_{ц}$	4725,942

6.3. Планування підсумкових техніко-економічних показників

Крім показників, розрахованих у попередніх розділах дипломної роботи, слід додатково визначити такі:

- *виробіток продукції на одного робітника:*

$$B_n = \frac{T_p}{R_o} = \frac{75769,2}{41} = 1848 \text{ нормо-год./ос.}, \quad (6.28)$$

де T_p – трудомісткість річної виробничої програми дільниці, нормо-год.;

R_o – чисельність основних робітників цеху, осіб;

- *зарплатомісткість продукції:*

$$З_{зн} = \frac{З_{од}}{C_{ц}} \cdot 100 = \frac{550,669}{4725,942} \cdot 100 = 11,7\%, \quad (6.29)$$

де $З_{од}$ – основна й додаткова заробітна плата у собівартості деталі, грн.;

$C_{ц}$ - цехова собівартість деталі, грн.

- *матеріаломісткість продукції:*

$$З_{мп} = \frac{M_o}{C_{ц}} \cdot 100 = \frac{807,628}{4725,942} \cdot 100 = 17,1\%, \quad (6.30)$$

де M_o – матеріали основні з відрахуванням зворотних відходів у собівартості деталі, грн.

- *собівартість товарної продукції цеху:*

$$C_{mn} = 4725,942 \cdot 4800 \cdot 1,95 = 44234817 \text{ грн.} \quad (6.31)$$

де N_3 - річна програма запуску деталей, шт./рік.

Підсумкові техніко-економічні показники роботи цеху зведемо до табл. 6.5.

Таблиця 6.5 - Техніко-економічні показники цеху

№ з/п	Показник	Одиниця виміру	Величина
1.	Програма запуску деталі (N_3)	шт./рік	4800
2.	Трудомісткість виробничої програми (T_p)	нормо-год.	75769,2
3.	Цехова собівартість деталі	грн.	4725,94
4.	Собівартість товарної продукції цеху (C_{mn})	грн./рік	44234817
5.	Чисельність основних робітників	осіб	41
6.	Виробіток продукції на одного робітника	нормо-год.	1848
7.	Матеріаломісткість продукції	%	17,1
8.	Зарплатомісткість продукції	%	11,9
9.	Зниження трудомісткості виготовлення деталі при впровадженні проектного варіанту техпроцесу ΔT_p	%	191,7
10.	Річний економічний ефект від застосування проектного варіанту техпроцесу E_p	грн.	277800
11.	Строк окупності додаткових капітальних витрат $T_{ок}$	років	2,0

ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ

В магістерській роботі на тему: «Розробка гнучкої технології механічної обробки деталі рейка-поршень з дослідженням процесу хонінгування отворів» виконаний аналіз діючого на базовому підприємстві технологічного процесу, на основі чого запропоновані зміни.

В розробленому технологічному процесі механічної обробки деталі рейка-поршень УЯИШ 716652.70 в одну 010 токарну з ЧПУ операцію, яка виконується на токарному обробному з ЧПУ центрі моделі PUMA 2100MS ф. Doosan об'єднані такі операції: 010, 015 та 025 токарні, 020 та 040 свердлильні, 030 круглошліфувальну, 035 плоскошліфувальну, 045 токарну з ЧПУ. Обробка деталі на 010 токарній з ЧПУ операції виконується із перестановленням деталі в контршпіндель. Шліфувальну обробку зовнішньої циліндричної поверхні та торця, що виконується на 030 та 035 операціях, замінено на тонке точіння на 010 токарній з ЧПУ операції механічної обробки.

У відповідності до розробленого технологічного процесу були розроблені структура та зміст операцій, вибране устаткування, визначені режими різання і норми часу.

З урахуванням запропонованих змін в магістерській роботі розраховано та розроблено конструкції затискного пристрою, контрольного пристрою, різального інструменту.

Досліджувався метод хонінгування отворів.

Всі прийняті технічні рішення підтверджено економічними розрахунками.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бакуль В.Н. Алмазное хонингование. / В.Н. Бакуль, А.А Сагарда., И.Х Чеповецкий – Киев: Техника, 1966. – 37с.
2. .Медведев В.В. Отделочное хонингование / В.В. Медведев. – К.: Техніка, 1973. – 56 с.
3. Криворучко Д.В. Обработка сквозных глубоких отверстий - 8 квалитетов точности: проблемы и решения / Криворучко Д.В., Кожемякин С.В.// Збірник наукових праць Кіровоградського державного технічного університету. – Кіровоград: Випуск 13, 2003
4. Медведев В.В. Отделочное хонингование. / В.В. Медведев. – К. : Техника, 1973. – 56 с.
5. Патент на винахід UA 101565 C2, Україна, МПК МПК B23 D 77/00, B24B 33/00. Інструмент для алмазної або абразивної обробки отворів / Підгаєцький М.М., Щербина К.К. – Опубл. 10.04.2013. Бюл. №7.
6. Патент на винахід UA 101595 C2, Україна, МПК B23 D 77/00, B24B 33/00. Спосіб регулювання радіального розміру при обробці отворів та інструмент для його здійснення / Підгаєцький М.М., Щербина К.К. – Опубл. 10.04.2013. Бюл. №7.
7. Патент на корисну модель UA 76431 U МПК 2013.01 B24B 33/00 Спосіб адаптивного керування процесом хонінгування / Підгаєцький М.М., Щербина К.К. – Опубл. 10.01.2013 Бюл. №1.
8. Підгаєцький М.М. Адаптивне керування системами регулювання радіального розміру алмазно-абразивного інструменту // М.М.Підгаєцький, М.І. Черновол, К.К. Щербина // Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник / Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин/ Вип. 42 ч. I. – Кіровоград: КНТУ, 2012.
9. Підгаєцький М.М. Аналіз впливу попередньої макронерівності в процесі хонінгування прецензійних отворів // М.М. Підгаєцький, К.К. Щербина // Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник / Конструювання,

виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин/ Вип. 26. – Кіровоград: КНТУ, 2013.

10. Підгаєцький М.М. Гідростатичний хон для обробки отворів малих діаметрів // М.М. Підгаєцький, К.К. Щербина // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» Збірник наукових праць./ Тематичний випуск: Технології в машинобудуванні. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2012 - №53 с3-10.

11. Підгаєцький М.М. Динамічний аналіз традиційних систем регулювання радіального розміру в процесі хонінгування отворів // М.М. Підгаєцький, К.К. Щербина // Вісник Хмельницького національного університету : Технічні науки. – Хмельницький.: ХНУ 2014 - №3 (213) с.134-138

12. Підгаєцький М.М. Лінеаризація статичної характеристики дроселюючого гідророзподільна СРРР // М.М. Підгаєцький, К.К. Щербина, // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету / техніка в сільськогосподарському виробництві, галузева машинобудування, автоматизація. / Вип. 27 – Кіровоград: КНТУ, 2014.

13. Підгаєцький М.М. Особливості регулювання радіального розміру відділових різальних інструментів з допомогою оболонкової форми під дією гідростатичного тиску/ М.М. Підгаєцький, К.К. Щербина // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету / техніка в сільськогосподарському виробництві, галузева машинобудування, автоматизація. / Вип. 24 Ч.2 – Кіровоград: КНТУ, 2011. – с. 136-140.

14. Підгаєцький М.М. Продукційний хонінгувальний верстат з адаптивно-програмним керуванням/ М.М. Підгаєцький, К.К. Щербина, О.В. Лобода // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету / техніка в сільськогосподарському виробництві, галузева машинобудування, автоматизація. / Вип. 25 – Кіровоград: КНТУ, 2012.

15. Підгаєцький М.М. Утворення складної траєкторії руху зерна при хонінгуванні отворів // М.М. Підгаєцький, К.К. Щербина // Вісник Чернігівського державного технологічного університету «Технічні науки», №3 (59), 2012 р.

16. Підгаєцький М.М. Хонінгування отворів великих діаметрів // М.М. Підгаєцький, К.К. Щербина, Л.В. Копосова // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету / техніка в сільськогосподарському виробництві, галузева машинобудування, автоматизація. / Вип. 25 – Кіровоград: КНТУ, 2012.
17. Підгаєцький М.М. Дослідження повздовжньої сталості пружно-гвинтового хону / М.М. Підгаєцький, К.К. Щербина // Вісник Національного технічного університету «ХП». Серія: Технології машинобудування. – Харків: НТУ «ХП», 2018. – №6 (1282). – С.8-12.
18. М.М. Підгаєцький, К.К. Щербина, В.А. Мажара, Т.В. Дяченко Динамічний аналіз традиційної кінцевої ланки хонінгувальної головки Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. – Кропивницький ЦНТУ, 2019. – Вип.49. – С.194-200.
19. Подураев В.Н. Алмазное вибрационное хонингование отверстий в стальных закаленных деталях. / В.Н. Подураев, А.А. Суворов, В.И. Карпов // Сборник Синтетические алмазы в промышленности. Киев: Наукова думка, 1974, с.167-172.
20. Сагарда А.А. Алмазно-абразивная обработка деталей машин. / А.А. Сагарда, И.Х. Чеповецкий, Л.Л. Мишнаевский. – К.: Техника, 1974. – 180 с.
21. Чеповецкий И.Х. Алмазное хонингование термообработанных сталей / И.Х. Чеповецкий, И.Д. Кизиков, Ю.Э. Рыжов – Киев : Наука, 1988.
22. Чеповецкий И.Х. Механика контактного взаимодействия при алмазной обработке. / И.Х. Чеповецкий. – Киев: Наукова думка, 1978. – 228 с.
23. K. Scherbyna Mechanics of contact interaction of elastic helical hone and machining surface / K. Scherbyna // Вісник Хмельницького національного університету : Технічні науки. – Хмельницький: ХНУ, 2019. – №4 (275). – С.15-21.
24. К.К. Щербина, А.І. Гречка В.А. Мажара, Т.В. Дяченко Kinematics of cutting process while honing holes with a hone with variable geometry of sticks.

Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. – Кропивницький ЦНТУ, 2020. – Вип.50. – С.194-200.

25. К.К. Щербина, М.М. Підгаєцький, В.А. Мажара, А.І. Гречка, Т.В. Дяченко Експериментальне дослідження деформації пружно-гвинтового хона. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки - Кропивницький ЦНТУ. 2022. Вип. 5(36), ч. II. – С.31-38

26. Fritz Klocke Manufacturing processes. Grinding honing, lapping/ RWTH AACHEN University/ RWTH edition/ Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2009.

27. G.Flores. Honen von hochgenauen Steuerbohrungen mit ultraharten Schleifmitteln. IDR 18 (1984) Nr.2.

28. Haasis G. Honen mit Diamant-und CBN-Werkzeugen. VDI-Z. 120 (1978) 24, S.96-103.

29. Haasis G. Möglichkeiten der Optimierung beim Honen. Werkst. u. Betr. 108 (1975) 2, S. 95-107/

30. Haasis G. Neue technologische Gesichtspunkte beim Langhubhonen von Bohrungeg. Techn. Mitt. HdT. 71 (1978) 5, S. 253-262.

31. <http://www.sunnen.com/ProductDetails.aspx?ProductID=69&NavID=02>

32. Klink U., Floves G. Honen (Jahresübersicht). VDI 121 (1979) 10, S. 543-554.

33. Mit Honen die Umwelt schonen. Produktion. 2007, №37, s32.

34. Економічні та організаційно-планові розрахунки при обґрунтуванні доцільності розробки нових виробів //Укладачі: Журило І.В., Полтавець М.М. – Кропивницький: ЦНТУ, 2017. – 40 с.

35. Організація виробництва на промислових підприємствах: Навч. посібник / за ред. Ю.А. Єгупова. - Одеса: Автограф, 2004. - 436 с.

36. Справочник технолога-машиностроителя. Т. 1. под редакцией А. Г. Косиловой, В. К. Мещерякова - М.: Машиностроение, 1982.

37. Справочник технолога-машиностроителя. Т. 2. под редакцией А. Г. Косиловой, В. К. Мещерякова - М.: Машиностроение, 1982.

38. Станочные приспособления: Справочник. В 2-х т. / Ред. совет: Б.Н. Вардашкин (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1984. – Т. 1/ Под ред. Б.Н. Вардашкина, А.А. Шатилова, 1984. 592 с.
39. Халафян А. А. STATISTICA 6. Статистический анализ данных. 3-е изд. Учебник – М.: ООО «Бином-Пресс», 2007 г. – 512 с.: ил.
40. Решетов Д.Н., Портман В.Т. Точность металлорежущих станков. – М.: Машиностроение, 1986. – 336 с.
41. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2. / Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985. – 496 с.