

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

«Допущено до захисту»
Завідувач кафедри ММіР
к.т.н., доцент
_____ Андрій ГРЕЧКА
« ____ » _____ 2025 р.

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

**«Дослідження процесу алмазного хонінгування
отворів великого діаметру на прикладі деталі
картер»**

Виконав здобувач вищої освіти ІІ-го курсу
групи ГМ-23М-З
ОНП «Галузеве машинобудування»
спеціальності 133 «Галузеве
машинобудування»
_____ Сергій БІЛОПОЛЬСЬКИЙ

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 133 «Галузеве машинобудування»

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

“ ” 20 року

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

Білопольський Сергій Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Дослідження процесу алмазного хонінгування отворів великого діаметру на прикладі деталі картер

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 картер _____

3.2. Технічні вимоги на виготовлення деталі _____

3.3. Річна програма випуску деталі картера – 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 - 10 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	21.03.2025	
2	Технологічна частина	31.03.2025	
3	Конструкторська частина	14.04.2025	
4	Дослідна частина	24.04.2025	
5	Організаційна частина	29.04.2024	
6	Економічна частина	05.05.2025	
7	Розробка презентації	09.05.2025	

Студент

_____ Білопольський С.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту

_____ Щербина К.К.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Анотація

Кваліфікаційна робота складається з пояснювальної записки на 87 сторінках та графічної частини на 10 листах формату А4.

1. Актуальність роботи. Процес обробки хонінгування отворів великих діаметрів застосування еластичних алмазних брусків є недостатньо дослідженим.

2. Наукова новизна роботи. Проведено дослідження впливу використання еластичних алмазних брусків в процесі обробки отворів великих діаметрів.

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 важливих показників процесу хонінгування отворів є процес формоутворення сітки слідів. В роботі представлено порівняння стандартних алмазно-абразивних брусків на жорсткій основі з еластичними алмазно-абразивними брусками. Застосування еластичних алмазних брусків дає можливість їхнього розташування під різними кутами відносно геометричної осі оброблюваного отвору, що дає можливість визначити оптимальне положення обумовлених брусків для отримання необхідної сітки слідів з забезпеченням оптимальних показників продуктивності.

Всі приведені зміни економічно обґрунтовані.

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

Annotation

The qualification work consists of an explanatory note on 87 pages and a graphic part on 10 sheets of A4 format.

1. Relevance of the work. Not enough research has been done on the process of honing large diameter holes with elastic diamond bars.

2. Scientific novelty of the work. Investigating the effect of using elastic diamond rods when machining large diameter holes

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 most important indicators of the hole honing process is the formation of the grid of marks. This paper presents a comparison between standard diamond bars with a rigid backing and elastic diamond bars. The use of elastic diamond bars makes it possible to position them at different angles relative to the geometric axis of the hole being machined, which makes it possible to determine the optimum position of the specified bars in order to obtain the required grind pattern with optimum performance.

All the above changes are economically justified.

Key words: honing, honing, diamond abrasive bar.

ЗМІСТ

Вступ.....	8
1. Загальна частина	9
1.1 Характеристика вузла та деталі, обраної для проектування технологічного процесу.....	9
2. Технологічна частина	15
2.1. Аналіз точності та технологічності деталі.....	15
2.2. Аналіз діючого технологічного процесу.....	17
2.3. Вибір заготовки та способу її виготовлення.....	18
2.4. Вибір методів обробки поверхонь деталі.....	21
2.5. Розробка маршрутів виготовлення деталі.....	24
2.6. Вибір технологічних баз.....	27
2.7. Розробка структури технологічних операцій і вибір обладнання для їх здійснення.....	29
2.8. Вибір затискних пристроїв.....	32
2.9. Вибір різальних інструментів.....	32
2.10. Вибір вимірювальних пристроїв та інструментів.....	35
2.11. Визначення припусків та операційних розмірів деталей.....	37
2.12. Визначення режимів різання.....	43
2.13. Технічне нормування операцій.....	47
3. Конструкторська частина.....	49
3.1. Розробка конструктивного виконання пружного гвинтового хону для обробки отворів великих діаметрів	49
3.2. Розрахунок та розробка конструкції контрольно-вимірювального пристрою.....	51
3.2.1. Опис конструкції та роботи пристрою.....	53
3.2.2. Визначення похибок вимірювання і перевірка умови працездатності виробу.....	54
3.2.3. Розробка креслення загального виду пристрою.....	55

4. Дослідна частина.....	55
4.1 Дослідження схрещування траєкторії слідів еластичних алмазно-абразивних брусків при обробці великих діаметрів	55
4.2 Дослідження радіального зносу еластичного алмазно-абразивного бруска в процесі обробки великого діаметра в залежності від радіальної та осьової швидкості в умовах багатфакторного експерименту	57
5. Організаційна частина	63
5.1. Розрахунок потрібної кількості обладнання та коефіцієнту його завантаження.....	63
5.2 Розрахунок календарно-планових нормативів.....	64
5.3 Визначення чисельності основних робітників цеху.....	68
6. Економічна частина.....	69
6.1. Аналіз варіантів технологічного процесу.....	69
6.2. Розрахунок планової цехової собівартості деталі.....	77
6.3. Розрахунок планової цехової собівартості деталі.....	80
Висновки.....	82
Список використаних джерел	83

ВСТУП

Основна мета розвитку машинобудівної галузі країни полягає у забезпеченні внутрішнього попиту на продукцію та розширенні її присутності на міжнародних ринках. Досягнення цієї мети передбачає трансформацію машинобудування у конкурентоспроможний, ефективний, високотехнологічний та інноваційно орієнтований сектор, що швидко розвивається та інтегрований у глобальну систему розподілу праці.

Для досягнення зазначених цілей необхідно вжити заходів у таких напрямках: модернізація існуючих підприємств на інноваційній основі; впровадження новітніх технологій; розвиток внутрішнього ринку продукції машинобудування; створення умов для залучення кваліфікованих кадрів у галузь.

Реалізація цих заходів дозволить: збільшити обсяги та асортимент продукції машинобудування; розширити експорт; підвищити конкурентоспроможність виробів та ефективність роботи галузі.

Об'єкт дослідження в магістерській роботі — деталь кульково-гвинтового гідропідсилювача ШВГУ 720, виробленого на підприємстві ПАТ НВП «Радій» у Кропивницькому. Робота передбачає розробку технологічного процесу механічної обробки деталі «картер» із застосуванням верстатів з ЧПУ з метою підвищення продуктивності виготовлення при зменшенні собівартості.

З урахуванням запланованих змін у базовому технологічному процесі передбачається розробка конструкцій затискного та контрольного пристроїв, а також різального інструменту. Крім того, у роботі буде досліджено радіальний знос алмазно-абразивного бруска залежно від радіальної та осьової швидкості в умовах багатofакторного експерименту.

1. Загальна частина

1.1. Характеристика вузла та деталі, обраної для проектування технологічного процесу

Кульково-гвинтовий гідропідсилювач ШВГУ 720 (рис. 1.1) призначений для використання в системах рульового управління транспортних засобів і слугує для передачі та підсилення зусиль водія, необхідних для повороту керованих коліс. Управління забезпечується через механічні передачі з гідравлічним підсиленням.

Кульково-гвинтові гідропідсилювачі (далі — КГГП) призначені для рульового управління транспортними засобами, що рухаються на швидкостях до 60 км/год.



Рис. 1.1. Кульково-гвинтовий гідропідсилювач ШВГУ 720

Керування здійснюється за рахунок механічних передач із гідропідсиленням.

Для пояснення устрою і принципу дії розглянемо гідрокінематичну схему (рис. 1.2).

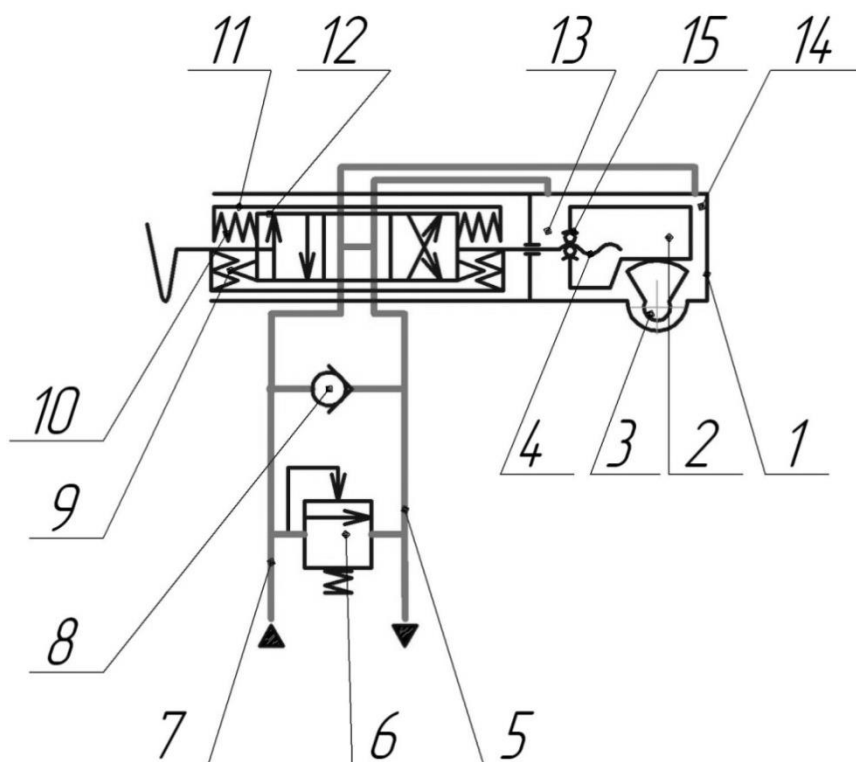


Рис. 1.2. Гідрокінематична схема КГГП:

1 – картер; 2 – рейка поршень; 3 – вал–сектор; 4 – кульково-гвинтова передача;
5 – магістраль зливу; 6 – запобіжний клапан; 7 – магістраль напору; 8 – зворотній клапан; 9 – муфта; 10 – пружний елемент; 11 – зовнішній золотник;
12 – внутрішній золотник; 13, 14 – опозитні порожнини; 15 – гайка кульково-гвинтової передачі.

Кульково-гвинтовий гідропідсилювач (КГГП) є механізмом подвійної дії. Це пояснюється тим, що переміщення вихідної ланки, тобто вала-сектора 3, відбувається завдяки двом паралельним потокам:

- механічним передачам — кульково-гвинтовій та рейковій,
- гідравлічній передачі — переміщенню рейки поршня 2 в картері 1 під дією гідравлічного тиску в порожнинах 13 і 14.

У штатному режимі роботи кульково-гвинтового гідропідсилювача (КГГП) навантаження на валу-секторі 3 долається завдяки гідравлічному тиску, тоді як механічні передачі виконують функцію відстеження руху. У разі переходу до нештатного режиму, зумовленого відмовою гідравлічної системи, механічні передачі забезпечують подолання навантаження на валу-секторі 3.

При повороті внутрішнього золотника 12 відносно зовнішнього 11 на кут, що обмежений муфтою 9, робоча рідина з напірної магістралі 7 спрямовується через канали золотників і заповнює одну з порожнин (13 або 14). Це створює гідравлічний тиск, який викликає прямолінійне переміщення рейки поршня 2 у

картері 1. Через взаємодію зубців рейки поршня з зубцями вала-сектора 3 останній починає обертатися. Рідина з протилежної порожнини витісняється у зливну магістраль 5.

Переміщення рейки поршня 2 синхронізується з обертанням гвинта 4 кульково-гвинтової передачі 4-15, оскільки зовнішній золотник 11 і гвинт 4 утворюють єдину кінематичну ланку. Процес переміщення припиняється, коли внутрішній золотник 12 зупиняється. У цей момент зовнішній золотник 11 повертається у нейтральне положення під дією пружного елемента 10. У нейтральному положенні канали розподільника з'єднують магістралі зливу і напору, що вирівнює тиск у порожнинах 13 і 14 до рівня тиску холостого ходу.

Запобіжний клапан 6 активується при перевищенні допустимого тиску в напірній магістралі 7, що може виникати через несанкціоновані навантаження на вал-сектор 3.

Точність керування КГГП визначається тривалістю інтервалу часу між поворотом внутрішнього золотника 12 відносно зовнішнього 11 (вхідна ланка) і виконанням обертального руху валом-сектором 3 (вихідна ланка). Цей інтервал залежить від швидкості переміщення внутрішнього золотника 12 відносно зовнішнього 11, яка визначається двома чинниками:

- величиною вільного руху внутрішнього золотника в межах, встановлених муфтою 9;
- жорсткістю пружного елемента 10, що впливає на швидкість повернення золотника в нейтральне положення.

Підвищення точності керування може бути досягнуто за рахунок збільшення жорсткості пружного елемента 10 і зменшення кута обмеження муфти 9.

У разі відмови гідравлічної системи КГГП переходить до нештатного режиму. Поворот внутрішнього золотника 12 викликає обертання зовнішнього золотника 11 разом із гвинтом 4, що призводить до переміщення рейки поршня 2 та обертання валу-сектора 3.

При цьому в одній з порожнин 13 або 14, об'єм якої збільшується, створюється від'ємний тиск. Це призводить до активації зворотного клапана 8,

який дозволяє рідині з протилежної порожнини переміститися в збільшуючуся порожнину. Таким чином, забезпечується функціонування КГГП навіть у нештатному режимі роботи.

На рис. 1.3 показана конструкція КГГП. У картері 1, що складається з двох циліндрів, розташованих під прямим кутом, встановлені основні елементи. Гвинт 2, що включає ротор 3 і поршень 4 з гайкою 5, утворює кульково-гвинтову передачу. Рейка поршень 6 з гайкою взаємодіє з валом-сектором 7, формуючи рейкову передачу. Вал-сектор 7 розташований у спеціальних роликових підшипниках 8. Ротор 3 є входною ланкою КГГП, а на його зовнішній циліндричній поверхні є поздовжні пази 9, що з'єднуються з пазами 10 на внутрішній поверхні гвинта 2.

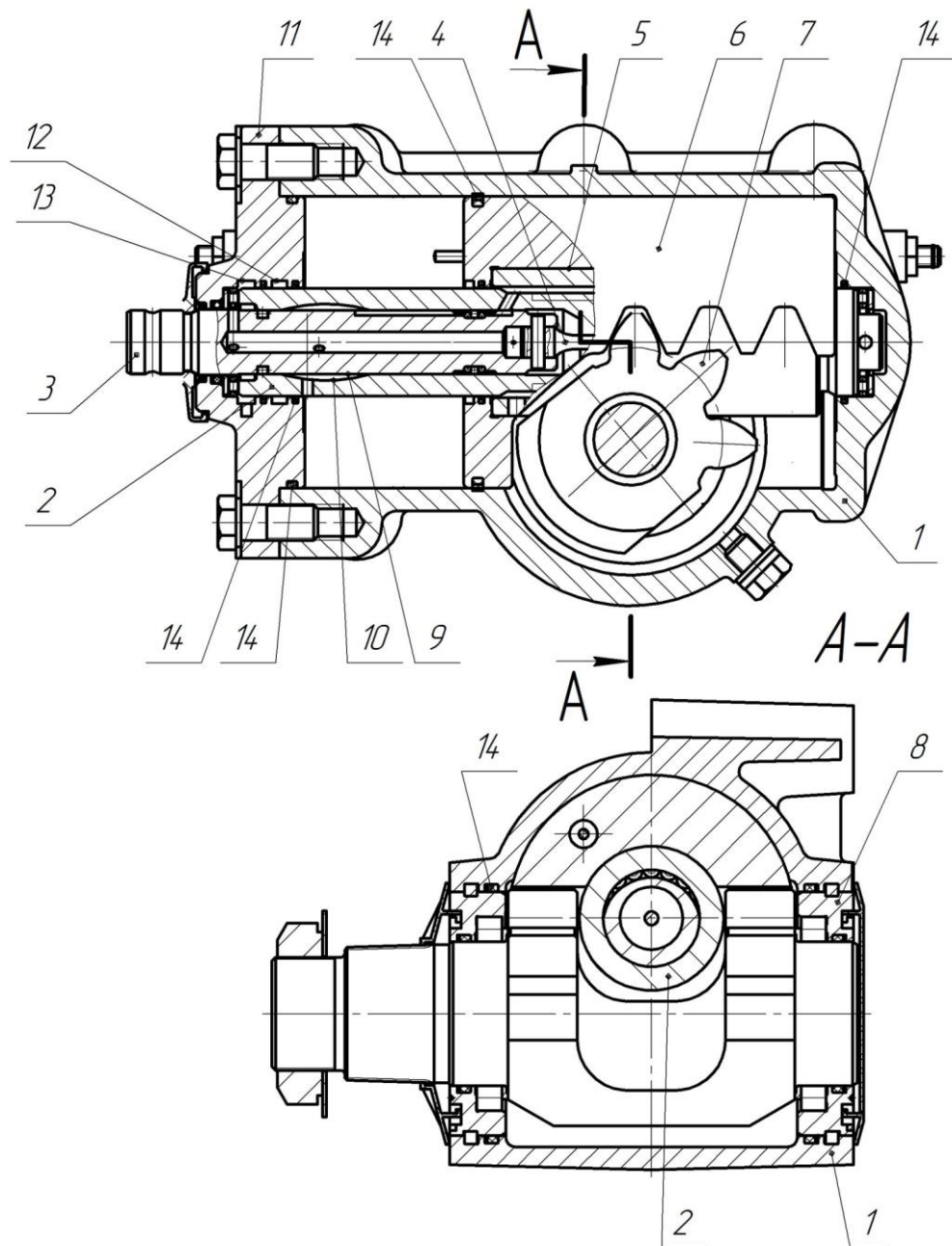


Рис. 1.3. Конструктивне виконання КГП

Внутрішня циліндрична поверхня гвинта 2 виконує функцію зовнішнього золотника, тоді як зовнішня циліндрична поверхня ротора 3 слугує внутрішнім золотником.

До картера 1 приєднаний корпус розподільника 11, у якому розташовані канали для подачі робочої рідини під напором 12, зливу 13, а також порожнини, призначені для встановлення запобіжних та зворотних клапанів.

Для забезпечення високого рівня зовнішньої та внутрішньої герметичності конструкції, кульково-гвинтовий гідропідсилювач оснащений спеціальними

ущільнювальними елементами 14. Деталь картер УЯИШ.731158.003 належить до класу корпусних деталей. Вона призначена для розміщення в ній складальних одиниць і деталей, забезпечуючи передачу крутного моменту від рульового колеса до коліс транспортного засобу. Ескізи деталі картер наведені на рис. 1.4.

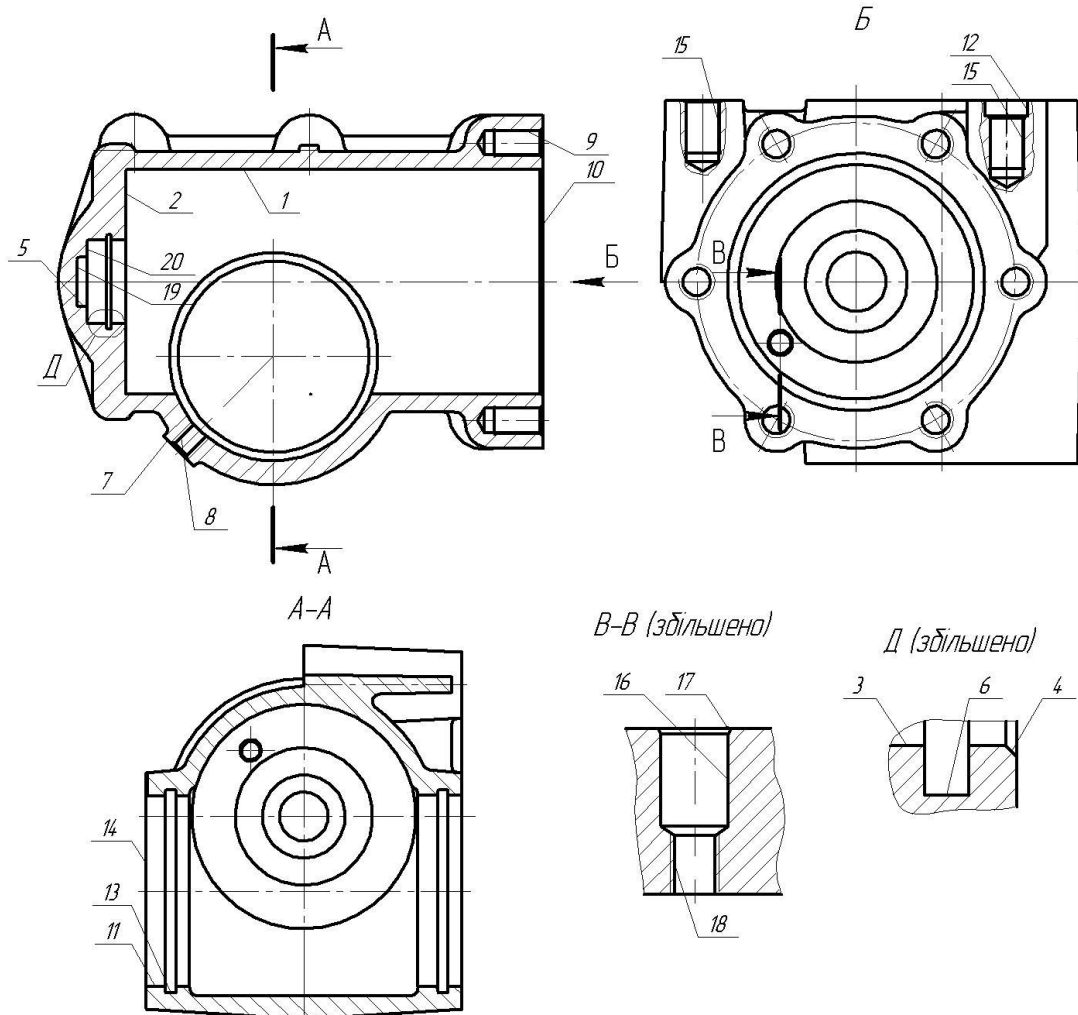


Рис. 1.4. Ескіз деталі картер

2. Технологічна частина

2.1. Аналіз точності та технологічності деталі

Аналіз точності та технологічності деталі є важливим етапом у проектуванні та оптимізації технологічного процесу її виготовлення. Деталь картер, як ключовий елемент конструкції, виконує функцію розміщення та фіксації складальних одиниць і деталей, забезпечуючи передачу крутного моменту від рульового колеса до керованих коліс транспортного засобу.

Високі вимоги до точності виготовлення зумовлені необхідністю забезпечення надійності роботи картеру в умовах експлуатації, включаючи витримування механічних навантажень та забезпечення герметичності конструкції. Технологічність деталі визначає ефективність її виготовлення, що включає мінімізацію виробничих витрат, забезпечення стабільності якості та можливість автоматизації процесів обробки.

У цьому розділі буде проведено детальний аналіз вимог до точності основних поверхонь деталі картер та оцінено її технологічність. Розглядатимуться конструктивні особливості деталі, які впливають на обробку, можливі труднощі при її виготовленні, а також шляхи підвищення точності та технологічності за рахунок оптимізації конструкції та технологічного процесу.

Для по елементного аналізу точності поверхонь деталі, виконано ескіз деталі картер (рис. 1.4) із зазначенням поверхонь, що підлягають обробці, а дані аналізу точності заносимо в таблицю 2.1.

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

Найбільш точними поверхнями деталі картер є: отвір 1 $\varnothing 114^{+0,071}_{+0,036}$ Ra0,4, отвір 3 $\varnothing 42,3^{+0,062}$ Ra2,5, отвір 6 $\varnothing 47,8^{+0,062}$ Ra2,5, отвір 11 $\varnothing 97^{+0,02}$ Ra2,5.

Доступ різального та вимірювального інструментів до оброблюваних та контрольованих поверхонь вільний. Деталь можна обробити за допомогою відомих

методів обробки із застосуванням стандартних різальних та вимірювальних інструментів.

Таблиця 2.1

Параметри точності деталей

Позначення поверхні	Назва поверхні	Розмір з відхиленнями, заданими від даної поверхні	Квалітет точності	Точність відносних поворотів, відстаней, розміщення поверхонь	Точність форми	Шорсткість поверхні	Вагомість поверхні, як конструкторської бази
1	2	3	4	5	6	7	8
Картер УЯИШ.731158.003							
1	Отвір	$\varnothing 114^{+0,071}_{+0,036}$	-	 0,04 Ж		0,4	1
2	Торець	$217^{+0,25}$	-		 0,06 Ж	3,2	5
3	Отвір	$\varnothing 42,3^{+0,062}$	H9	 0,05 Ж		2,5	3
4	Фаска	$1 \times 45^\circ$	-			6,3	6
5	Отвір	$\varnothing 25^{+0,1}$	-			6,3	7
6	Канавка	$\varnothing 47,8^{+0,062}_{2,1^{+0,1}}$	H9	 0,06		2,5	3
7	Бічна поверхня	$\varnothing 22_{-0,5}$	-			3,2	5
8	Різьбовий отвір	M12x1,5-6H	-		 0,05	3,2	4
9	Різьбовий отвір	M14x1,5-6H	-	 $\varnothing 0,3 \text{ (M)}$		3,2	4
10	Торець	$246^{+1,5}$	-	 0,06 Ж		3,2	8
11	Отвір	$\varnothing 97^{+0,02}$	H6			1,6	2
12	Отвір	$\varnothing 22^{+0,052}$	H9			2,5	6
13	Канавка	$\varnothing 103^{+0,087}_x$ $5,4^{+0,18}$	H9 H13			6,3	6
14	Торець	$160 \pm 0,1$	-			6,3	8
15	Різьбовий отвір	M20x1,5-6H	-	 $\varnothing 0,3 \text{ (M)}$		3,2	4
16	Отвір	$\varnothing 10^{+0,043}$	-		 0,25/100 Ж	3,2	5
17	Фаска	$1 \times 45^\circ$	-			6,3	6
18	Різьбовий отвір	M8-6H	-			3,2	4
19	Торець	$237 \pm 0,5$	-			6,3	
20	Торець	$232^{+0,06}$	-		 0,025 ЖП	2,5	3

Аналіз креслення деталі показав, що всі необхідні розміри задані в достатній кількості, вимоги точності, шорсткості, відповідають службовому призначенню та умовам експлуатації. Проте квалітети точності деяких поверхонь деталі надані не за нормалізованими рядами.

Деталь картер достатньо технологічна, дозволяє використання високопродуктивних методів обробки.

З точки зору механічної обробки виникають деякі ускладнення при обробці похилого різбового отвору та отворів для яких необхідний спеціальний інструмент.

Картер достатньо жорсткий, що забезпечує отримання високого класу точності при обробці.

Таким чином в цілому конструкцію деталі можна вважати технологічною. Майже до всіх поверхонь забезпечений вільний підхід різального інструменту. Відсутні поверхні з необґрунтовано високою точністю обробки. Всі невідповідальні поверхні обробляються по 14-му квалітету.

Проаналізувавши всі вище перелічені фактори, будемо вважати деталь картер УЯИШ.731158.003 технологічною.

2.2. Аналіз діючого технологічного процесу

Аналіз діючого технологічного процесу обробки деталі картер є важливим етапом для виявлення його сильних і слабких сторін, оцінки ефективності, а також визначення можливостей для вдосконалення. Деталь картер належить до корпусних деталей і має складну геометрію, що обумовлює підвищені вимоги до точності та якості обробки її функціональних поверхонь.

Діючий технологічний процес розробляється з урахуванням конструктивних особливостей деталі, її експлуатаційних характеристик, вимог креслення, а також доступних виробничих ресурсів. Проте, в умовах зростання вимог до продуктивності, зниження витрат і підвищення якості продукції, існує необхідність у його оптимізації.

У цьому розділі буде проаналізовано послідовність операцій діючого технологічного процесу, охарактеризовано використовуване обладнання, пристрої та інструменти, а також виявлено чинники, які впливають на точність, стабільність і економічність виготовлення деталі. На основі проведеного аналізу будуть визначені напрямки вдосконалення процесу для підвищення його ефективності та відповідності сучасним вимогам машинобудування.

Аналіз діючого на базовому підприємстві технологічного процесу механічної обробки деталі картера УЯИШ.731158.003 показав, що він забезпечує виготовлення деталі із заданими вимогами щодо точності та якості.

Технологічний процес деталі картера УЯИШ.731158.003 складається з 11 операцій механічної обробки. Дана послідовність технологічних операцій дозволяє отримати деталь, яка відповідає вимогам щодо точності та якості.

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

Технологічний процес обробки картера виконується на спеціальних високопродуктивних верстатах. При цьому, на них використовується спеціальне технологічне оснащення, яке призначене тільки для обробки даної деталі. Для переобладнання верстатів на іншу деталь необхідно провести значні витрати. З метою вдосконалення технологічного процесу більш ефективним є застосування на деяких операціях механічної обробки верстатів з ЧПУ.

2.3. Вибір заготовки та способу її виготовлення

Вибір заготовки та способу її виготовлення є ключовим етапом технологічного проектування, який значною мірою визначає ефективність усього процесу механічної обробки. Заготовка деталі *картер* повинна забезпечувати мінімальну кількість обробки для досягнення заданих геометричних параметрів і якості поверхонь при оптимальних виробничих витратах.

При виборі типу заготовки враховуються конструктивні особливості деталі, її матеріал, вимоги до точності, жорсткості та експлуатаційних характеристик. Також важливе значення мають економічні аспекти, такі як вартість матеріалу, енергоємність процесу виготовлення заготовки та можливості автоматизації процесу.

У цьому розділі буде виконано аналіз можливих варіантів заготовок для деталі *картер*, розглянуто відповідні методи їх виготовлення, а також визначено найбільш

раціональний варіант з урахуванням вимог до технологічності, економічності та виробничих умов.

Деталь картер виготовляється з високоміцного чавуну ВЧ 600 за ГОСТ 7293-85.

Хімічний склад та механічні властивості матеріалу деталі картер наведено в таблицях 2.2 та 2.3 відповідно.

Таблиця 2.2

Хімічний склад матеріалу деталі картер

Марка матеріалу	Вміст елементів, %							
	C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu
ВЧ 600 ГОСТ 7293-85	3 – 3,6	2,4 – 2,8	0,4 – 0,7	до 0,4	до 0,02	до 0,1	до 0,15	до 0,3

Таблиця 2.3

Механічні властивості матеріалу деталі картер

Марка матеріалу	Тимчасовий опір розриву, Н/мм ²	Межа текучості, Н/мм ²	Відносне подовження, %	Ударна в'язкість Н·м/см ²	Твердість НВ не більше
ВЧ 600 ГОСТ 7293-85	60	40	2	2,0	140...269

Високоміцний чавун призначається для виливок конструкційного призначення замість сталі та ковкого чавуну. Міцність його при нагріванні до 450-500° знижується повільніше, ніж у вуглецевих сталей. Він задовільно оброблюється різанням; легко зварюється за допомогою газового зварювання із застосуванням стрижнів з чавуну. Високоміцний чавун добре приймає термічну обробку, яка може в значних межах змінювати структуру та властивості відливок.

Отримання відливок з чавуну з шаровидним графітом забезпечується добавкою в розплавлений чавун магнію або інших спеціальних присадок.

Механічні властивості та структура чавуну забезпечується або в литому вигляді, або шляхом термообробки. Виливки складної конфігурації постачають після зняття ливарних напруг.

Враховуючи конструктивну форму деталі картер, та її службове призначення, обираємо метод отримання заготовки - відливання в піщані форми.

Відливанням в піщані форми характеризується низькою точністю, високими параметрами шорсткості і великими припусками на механічну обробку. Лиття в піщані форми вимагає найбільших витрат металу.

Заміна відливання в піщані форми на кокільне дозволяє знизити масу заготовки на 10-20%. Кокільне лиття – найбільш дешевий серед спеціальних способів лиття. Кокіль дозволяє отримувати відливки з розмірами 12 квалітету.

Заміна відливання в піщані форми на кокільне лиття, при достатній програмі випуску (тип виробництва середньосерійний), дозволяє знизити масу заготовки на 10-20%, собівартість заготовок - приблизно на 20%. Також, зменшується трудомісткість механічної обробки в результаті зменшення припусків і високої точності розмірів в 1,5-2 рази.

На підставі аналізу деталі по кресленню, довідковій літературі, обираємо два види отримання відливки: відливання в піщані форми і відливання в кокіль.

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

Вартість заготовки визначається за формулою:

$$S_{\text{заг}} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot k_T \cdot k_C \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_{II} \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{\text{відх}}}{1000},$$

де: C_i - базова вартість 1 тони заготовок;

k_T , k_C , k_B , k_M , k_{II} - коефіцієнти, які залежать від класу точності, групи складності, маси, марки матеріалу та об'єму виробництва заготовок табл.11 [4].

Q - маса заготовки;

q - маса деталі;

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

Вартість заготовки картера при відливанні в піщані форми:

$$S_{\text{заг1}} = \left(\frac{28000}{1000} \cdot 12,6 \cdot 1,03 \cdot 1,2 \cdot 0,84 \cdot 1,24 \cdot 1 \right) - (12,6 - 11) \cdot \frac{1950}{1000} = 451,08 \text{ грн.}$$

Вартість заготовки картера при відливанні в кокіль:

$$S_{\text{заг2}} = \left(\frac{28000}{1000} \cdot 11,97 \cdot 1,03 \cdot 1,2 \cdot 0,84 \cdot 1,24 \cdot 1 \right) - (11,97 - 11) \cdot \frac{1950}{1000} = 429,6 \text{ грн.}$$

Економічний ефект для порівняння способів отримання заготовок:

$$E_3 = (S_{заг1} - S_{заг2}) \cdot N,$$

де: N - річна програма випуску, шт.

Річний економічний ефект виготовлення важеля буде становити:

$$E_3 = (451,08 - 429,6) \cdot 7500 = 161100 \text{ грн.}$$

Виходячи з цього, остаточно приймаємо метод отримання заготовок деталі картер - відливання в кокіль.

2.4. Вибір методів обробки поверхонь деталі

Вибір методів обробки поверхонь деталі є важливим аспектом у розробці технологічного процесу, оскільки саме він визначає якість кінцевого виробу, продуктивність виробництва та економічну ефективність процесу. Для деталі *картер*, яка є корпусною деталлю складної геометрії, необхідно забезпечити високу точність обробки функціональних поверхонь, таких як посадкові місця, площини ущільнень і зони з'єднань, що відповідають вимогам креслення та експлуатаційним характеристикам.

Методи обробки обираються залежно від матеріалу заготовки, точності та шорсткості поверхонь, а також конструктивних особливостей деталі. При цьому враховуються особливості процесів зняття припусків, можливості використовуваного обладнання, інструментів і пристроїв. Важливим є також економічний аспект, зокрема оптимізація витрат часу і ресурсів на обробку.

У цьому розділі буде проведено аналіз технологічних можливостей обробки поверхонь деталі *картер* з урахуванням вимог до точності, якості та економічності процесу. Будуть розглянуті сучасні методи механічної обробки, зокрема із застосуванням верстатів із ЧПУ, що дозволяють досягти високої продуктивності та стабільності якості. На основі аналізу буде обрано раціональні методи обробки, які відповідають сучасним вимогам машинобудівного виробництва.

В деталі картер, неодноразовій механічній обробці підлягають поверхні 1, 2, 3, 11 для яких і проводимо розрахунки.

Загальне уточнення розраховується за формулою:

$$\varepsilon_3 = \delta_3 / \delta_d,$$

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

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

Допуск на деталь становить $\delta_d = 0,09$ мм, а допуск на заготовку $\delta_3 = 4$ мм.

Вибираємо два маршрути обробки поверхні.

Перший маршрут відповідає базовому технологічному процесу. Він складається з:

- розточування чорнового $\delta_1 = 0,54$ мм
- розточування чистового $\delta_2 = 0,14$ мм
- розточування тонкого $\delta_3 = 0,09$ мм

Другий маршрут складається з:

- розточування чорнове $\delta_1 = 0,54$ мм
- розвертання нормальне $\delta_2 = 0,22$ мм
- розвертання тонке $\delta_3 = 0,09$ мм

Загальне уточнення $\varepsilon_{\text{заг}} = 44,44$.

Розрахунки маршрутів обробки інших поверхонь деталі картер наведені в таблиці 2.4.

Таблиця технологічних маршрутів обробки поверхонь деталі картер

УЯИШ.731158.003

Позначення поверхні	Допуск на поверхню по кресленню, δ_d мм	Шорсткість поверхні, мкм	Допуск на заготовку по поверхні, δ_3 мм	Загальне уточнення ε_3	Можливі технологічні маршрути обробки поверхні		Екон.-ні доп.-ки на проміжні методи обр.-ки	Частинні коефіцієнти уточнення	$\Pi_{\varepsilon_i} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 \cdot \dots \cdot \varepsilon_i$
					№	Зміст маршруту			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0,09	2,5	4	44,44	1	Розточування чорнове	0,54	7,407	44,45
						Розточування чистове	0,14	3,857	
						Розточування тонке	0,09	1,556	
					2	Розточування чорнове	0,54	7,407	44,2
						Розвертання нормальне	0,22	2,45	
						Розвертання тонке	0,09	2,44	
2	0,25	3,2	4	16	1	Точіння чорнове	0,72	5,56	16,01
						Точіння чистове	0,25	2,88	
					2	Фрезерування чорнове	0,46	8,6	15,4
						Фрезерування чистове	0,25	1,8	
3	0,062	2,5	4	64,52	1	Зенкерування чорнове	0,39	10,256	64,5
						Зенкерування чистове	0,25	1,56	
						Розвертання точне	0,062	4,03	
					2	Розточування чорнове	0,25	16	64,4
						Розточування чистове	0,062	4,03	
11	0,02	1,6	4	200	1	Зенкерування чорнове	0,54	7,41	182
						Зенкерування чистове	0,14	3,857	
						Розвертання точне	0,057	2,456	
						Розвертання тонке	0,022	2,59	
					2	Розточування чорнове	0,35	11,43	179
						Розточування чистове	0,087	4,02	
						Розточування тонке	0,022	3,9	

Як видно з розрахунків, для поверхонь 1, 2, 3, 11 оптимальним є маршрут №2, при якому $\varepsilon_{\text{заг}} < \Pi_{\varepsilon_i}$.

2.5. Розробка маршруту виготовлення деталі

Розробка маршруту виготовлення деталі є ключовим етапом технологічного проектування, що забезпечує раціональну послідовність виконання операцій для досягнення заданих параметрів точності, якості та продуктивності. Для деталі картер, яка виконує важливі функції в складі кульково-гвинтового гідропідсилювача, маршрут виготовлення має враховувати складну геометрію, високі вимоги до обробки функціональних поверхонь і економічну ефективність процесу.

Під час розробки маршруту враховуються конструктивні особливості деталі, вимоги креслення, властивості матеріалу та можливості наявного обладнання. Важливим є дотримання принципів послідовності обробки, що включає рівномірне зняття припусків, мінімізацію переходів між операціями та забезпечення технологічності виконання кожного етапу.

У цьому розділі буде розроблено оптимальний маршрут виготовлення деталі картер, що передбачає вибір раціональної послідовності механічної обробки, підбір обладнання, пристроїв і інструментів. Особлива увага буде приділена застосуванню сучасних методів обробки, які дозволяють досягти високої точності та якості з мінімальними витратами.

Розроблений маршрут обробки наведено в таблиці 2.5.

Таблиця технологічних маршрутів обробки деталі

Маршрутний технологічний процес	
базовий	проектуючий
1	2
Картер УЯИШ.731158.003	
001 Транспортна Електрокар Транспортувати заготовки на дільницю механічної обробки	001 Транспортна Електрокар Транспортувати заготовки на дільницю механічної обробки
005 Фрезерна з ЧПУ ГФ2171С5 Спеціальний фрезерний Позиція 1: фрезерувати поверхню, свердлити 4 отвори, зенкерувати 2 отвори, зенкувати 4 фаски, розточити 2 отвори, розточити отвір, фрезерувати внутрішню поверхню, фрезерувати кільцеву канавку, фрезерувати уступ, фрезерувати паз. Позиція 2: фрезерувати поверхню, розточити отвір, фрезерувати кільцеву канавку, фрезерувати уступ, фрезерувати паз.	005 Комплексна з ЧПУ HYUNDAI WIA HS4000 Обробний центр з ЧПУ Розточити отвір (начорно і начисто), підрізати торець (попередньо і кінцево), підрізати дно (начорно і начисто), свердлити отвір, свердлити 6 отворів, зенкувати фаски в 6 отворах, нарізати різьбу в 6 отворах.
010 Свердильна 2Н135 Свердильний Фрезерувати торець, свердлити отвір наскрізь.	010 Комплексна з ЧПУ HYUNDAI WIA HS4000 Обробний центр з ЧПУ Фрезерувати 4 менші бонки та велику бонку, розточити отвір (начорно і начисто), свердлити 4 отвори, нарізати різьбу в 4 отворах.
015 Токарна 16K25 Токарний Розточити отвір (начорно і начисто)	015 Комплексна з ЧПУ HYUNDAI WIA HS4000 Обробний центр з ЧПУ Фрезерувати торцеву поверхню, розточити отвір (начорно і начисто).
020 Комплексна з ЧПУ ИР-500ПМФ4 Обробний центр Позиція 1: Фрезерувати торцеву поверхню, свердлити 6 отворів, зенкувати фаски в 6 отворах, розсвердлити отвір, торцювати дно глухого отвору, розточити отвір (начорно і начисто), фрезерувати кільцеву канавку, точити фаску, розфрезерувати отвір, торцювати дно, фрезерувати виточку, торцювати дно 2 отворів, розточити отвір. Позиція 2: розточити 2 отвори	020 Комплексна з ЧПУ HYUNDAI WIA HS4000 Обробний центр з ЧПУ Фрезерувати торець, свердлити отвір наскрізь, нарізати різьбу в отворі.

025 Відділково-розточна 2А715 Відділково-розточний Розточка тонка (попередня і кінцева), врізати канавку.	025 Відділково-розточна 2А715 Відділково-розточний Розточка тонка попередня, розточка тонка кінцева, вигладжування, розточка тонка (попередня і кінцева), врізати канавку.
030 Відділково-розточна 2А715 Відділково-розточний Розточка тонка попередня, розточка тонка кінцева, вигладжування, розточка тонка (попередня і кінцева), врізати канавку.	030 Відділково-розточна 2А715 Відділково-розточний Розточка тонка (попередня і кінцева), врізати канавку.
035 Свердлильна 2Н135 Свердлильний Свердлити отвір, розсвердлити отвір, зенкувати фаску, розвернути отвір	035 Свердлильна з ЧПУ 2Р135Ф2 Свердлильний з ЧПУ Свердлити отвір наскрізь, розсвердлити отвір, нарізати різьбу.
040 Свердлильна 2Н125 Свердлильний Нарізати різьбу в отворі.	
045 Свердлильна 2Н125 Свердлильний Нарізати різьбу 6 отворах	040 Контрольна Стіл контролера Перевірити розміри
050 Свердлильна 2Н125 Свердлильний Нарізати різьбу в отворі.	045 Транспортна Електрокар Транспортувати деталі на дільницю зборки.
055 Свердлильна 2Н125 Свердлильний Нарізати різьбу в 4 отворах.	
055 Контрольна Стіл контролера Перевірити розміри	
060 Транспортна Електрокар Транспортувати деталі на дільницю зборки.	

2.6. Вибір технологічних баз

Технологічні бази є основою для встановлення заготовки або деталі на обладнанні під час виконання операцій механічної обробки. Вибір баз має вирішальне значення для забезпечення точності виготовлення деталі, стабільності технологічного процесу та економічності виробництва.

1. Вимоги до технологічних баз

Технологічні бази для обробки деталі *картер* повинні відповідати наступним вимогам:

Жорсткість і стабільність – бази повинні забезпечувати надійну фіксацію деталі без її деформації під дією сил різання.

Точність базування – необхідно забезпечити відповідність положення оброблюваних поверхонь креслярським вимогам з мінімальними похибками.

Повторюваність установа – бази повинні забезпечувати відтворюваність положення деталі на всіх етапах обробки.

Технологічність – вибрані бази повинні мінімізувати кількість переналагоджень та переходів між операціями.

2. Характеристики деталі картер

Деталь *картер* має складну просторову геометрію з кількома функціональними поверхнями, що потребують високої точності обробки:

посадкові місця для складальних одиниць;

площини ущільнень;

отвори для кріплення.

Основним матеріалом деталі є алюмінієві або чавунні сплави, що забезпечують достатню жорсткість і міцність конструкції.

3. Вибір баз для обробки

Для деталі *картер* пропонується використання наступних технологічних баз:

Грубі бази (перші операції):

Для першого встановлення використовується зовнішня циліндрична поверхня та базова площина заготовки. Це дозволяє усунути похибки, пов'язані з нерівномірністю лиття, та забезпечити надійну опору.

Основні технологічні бази:

Для подальших операцій базування здійснюється по оброблених базовій площині та контрольних отворах. Таке базування забезпечує точність взаємного розташування функціональних поверхонь.

Для обробки внутрішніх поверхонь застосовуються допоміжні фіксатори у вигляді призматичних і циліндричних елементів.

Допоміжні бази:

Для завершальних операцій, таких як шліфування або свердління, використовуються тимчасові бази, сформовані під час проміжних етапів обробки. Це дозволяє підвищити точність обробки функціональних елементів.

4. Обґрунтування вибору

Вибір зазначених баз обумовлений необхідністю забезпечення точності виготовлення деталі, її технологічності та мінімізації похибок під час базування. Використання оброблених поверхонь як баз дозволяє знизити вплив похибок заготовки на кінцевий результат обробки.

При обробці деталі картер на 005 операції отвір 1 – установча база, отвір 11 – направляюча база, отвір 7 – опорна база (рис. 1.4). На 010 та 015 операціях в якості установчої бази використовується торець великої бонки, отвір - направляюча база, а торцева поверхня є опорною базою. На 020 операції в якості баз використовуються торець великої та меншої бонок, та 2 отвори. На 025 операції в якості базових поверхонь використовуються отвір та вісь. На 030 операції в якості базових поверхонь використовуються торці бонок та отвори. На 035 операції базові поверхні - плоска поверхня та 2 отвори.

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

Розробка структури технологічних операцій є важливим етапом проектування технологічного процесу, що визначає послідовність обробки, методи реалізації кожної операції та вибір відповідного обладнання. Для обробки деталі *картер* необхідно врахувати її конструктивні особливості, точність обробки функціональних поверхонь та вимоги до економічності виробництва.

1. Аналіз вимог до обробки

Деталь *картер* відноситься до класу корпусних деталей складної конфігурації. Основні вимоги до обробки включають:

- високу точність посадкових місць для складальних одиниць;
- забезпечення параметрів шорсткості поверхонь, що контактують;
- обробку отворів для кріплення з урахуванням допусків на взаємне розташування.

2. Структура технологічних операцій

Технологічний процес обробки деталі *картер* передбачає наступну послідовність операцій:

Заготівельна операція:

Мета: отримання литої або штампованої заготовки з мінімальним припуском на обробку.

Обладнання: ливарна машина або прес для гарячого штампування.

Попередня механічна обробка:

Мета: усунення припуску на грубих поверхнях, створення баз для подальших операцій.

Основні переходи: фрезерування базових площин, свердління отворів під кріплення.

Обладнання: вертикально-фрезерні верстати (наприклад, моделі типу 6P12), універсальні свердлильні верстати.

Чорнова обробка основних поверхонь:

Мета: зняття основного припуску для забезпечення точності на фінішних етапах.

Основні переходи: точіння зовнішніх циліндричних поверхонь, свердління контрольних отворів.

Обладнання: токарно-гвинторізні верстати (типу 16K20).

Напівчистова обробка:

Мета: підготовка функціональних поверхонь до чистової обробки, зменшення похибок.

Основні переходи: розточування посадкових отворів, фрезерування складних профілів.

Обладнання: вертикальні оброблювальні центри з ЧПУ (наприклад, Haas VF-3).

Чистова обробка:

Мета: досягнення високої точності та якості оброблених поверхонь.

Основні переходи: шліфування площин, хонінгування отворів.

Обладнання: плоскошліфувальні верстати (типу 3Б722), хонінгувальні верстати.

Фінішна обробка і контроль:

Мета: видалення залишкових дефектів, перевірка точності та параметрів шорсткості.

Основні переходи: контроль геометрії, ручне доопрацювання за необхідності.

Обладнання: координатно-вимірювальні машини (СММ) для контролю, ручний інструмент.

3. Вибір обладнання

Вибір обладнання базується на характеристиках деталі, обсягах виробництва та можливостях автоматизації:

Верстати з ЧПУ забезпечують високу точність і стабільність обробки складних геометричних поверхонь.

Універсальне обладнання підходить для виконання підготовчих операцій і дрібносерійного виробництва.

Спеціалізовані верстати (шліфувальні, хонінгувальні) використовуються на завершальних етапах для досягнення високої якості поверхонь.

Структура та зміст технологічних операцій деталі картер 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 2.7

Металорізальні верстати для обробки деталі картер

№ 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
Картер УЯИШ.731158.003						
005, 010, 015, 020	Обробний центр HS4000	125x320	63-3150	28-790	10,0	5260x 2000x 1320
025, 030	Відділково-розточний 2A715	-	12,5-2000	1,5-600	10,0	3360x 1710x 1750
035	Вертикально-свердлильний 2P135Ф2	400x1600	12,5-1600	повзд. попер. 25-1250 верт. 8,3-416,6	11,0	1500x 1250x 2120

2.8. Вибір затискних пристроїв

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

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

Таблиця 2.8

Затискні верстатні пристрої для деталі картер

Номер операції	Найменування пристрою	Стандарт (код)	Вид приводу
1	2	3	4
Картер УЯИШ.731158.003			
005	Пристрій затискний	Спец.	Пневматичний
010	Пристрій затискний	Спец.	Пневматичний
015	Пристрій затискний	Спец.	Пневматичний
020	Пристрій затискний	Спец.	Пневматичний
025	Пристрій затискний	Спец.	Пневматичний
030	Пристрій затискний	Спец.	Пневматичний
035	Пристрій затискний	Спец.	Пневматичний

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 TaeguTec.

Характеристики вибраного інструменту для обробки поверхонь деталі картер наведені в таблиці 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
Картер УЯИШ.731158.003					
005	2, 3, 4	Розточувальна головка	BHC MB80-80X130	TT9020	-
	5, 6	Фреза торцева	2156-4105	T15K6	ГОСТ 19065-80
	7, 8	Розточувальна головка	BHC MB80-80X130	TT9020	-
	9	Свердло Ø20	SHO 3200	TiAlN	-
	10	Борштанга	TGIUR/L 25-3	TT9020	-
	11	Борштанга	TGIUR/L 39-3	TT9020	-
	12, 13	Борштанга	TGEUR/L 3939-3	TT9020	-
	14	Свердло Ø12,5	ГОСТ 2092-77	P6M5	ГОСТ 19265-78
	15	Зенківка	2353-0134	P6M5	ГОСТ 14953-80
	16	Мітчик M14x1,5-6H	4115-4184	P6M5	ГОСТ 19265-78
010	2	Фреза торцева	ГОСТ 13785-68	T15K6	ГОСТ 9473-80
	3	Різець розточний	2146-4105	T15K6	ГОСТ 19065-80
	4	Різець розточний	2156-4105	T15K6	ГОСТ 19065-80
	5	Свердло Ø18,5	ГОСТ 2092-77	P6M5	ГОСТ 19265-78
	6	Зенкер	2320-5714	BK8	ГОСТ 3231-71
	7	Зенківка	2353-0136	P6M5	ГОСТ 14953-80
	8	Різець	SDNCN 1616-H11	NC6010	-
	9	Мітчик M20x1,5-6H	4120-4184	P6M5	ГОСТ 19265-78
	2	Фреза торцева	ГОСТ 13785-68	BK8	ГОСТ 9473-80
015	3	Розточувальна головка	BHC MB63-63X109	TT9020	-
	4	Розточувальна головка	BHC MB63-63X109	TT9020	-
020	2	Фреза торцева	ГОСТ 13785-68	BK8	ГОСТ 9473-80
	3	Центровочне свердло	ГОСТ 3085	P6M5	ГОСТ 19265-78
	4	Свердло Ø10,5	ГОСТ 2092-77	P6M5	ГОСТ 19265-78
	5	Мітчик M12x1,5-6H	4120-4184	P6M5	ГОСТ 19265-78
025	2	Розточувальна головка	BHC MB80-80X130	TT9020	-
	3	Розточувальна головка	BHC MB80-80X130	TT9020	-
	4	Вигладжувач	1417-0174	ШХ15	ГОСТ16344-70
	5	Борштанга	TGIUR/L 39-3	TT9020	-
	6	Борштанга	TGIUR/L 39-3	TT9020	-
	7	Борштанга	TTIR/L 42-8C	TT9020	-

Продовження табл. 2.9

030	2	Розточувальна головка	ВНС МВ80-80Х130	ТТ9020	-
	3	Розточувальна головка	ВНС МВ80-80Х130	ТТ9020	-
	4	Борштанга	ТТІР/Л 51,5-5	ТТ9020	-
035	2	Центровочне свердло	ГОСТ 3085	Р6М5	ГОСТ 19265-78
	3	Свердло Ø6	ГОСТ 2091-77	Р6М5	ГОСТ 19265-78
	4	Свердло Ø10	ГОСТ 2096-77	Р6М5	ГОСТ 19265-78
	5	Мітчик М8-6Н	4112-4184	Р6М5	ГОСТ 19265-78

На 005 комплексній з ЧПУ та 025 відділково-розточній операціях обробки деталі картер УЯИШ.731158.003 виконується обробка отворів, довжина яких перевищує довжину різального інструменту. Тому для кріплення деяких різальних інструментів на зазначених операціях застосовуються допоміжні інструменти (табл. 2.10).

Таблиця 2.10

Допоміжні інструменти для механічної обробки деталі картер

№ операції	№ переходу	Найменування інструменту	Стандарт на конструкцію інструменту (код)
1	2	3	4
005	2, 3, 4, 7, 8	Подовжувач	ЕХ 80Х160-МВ80
	9	Подовжувач	ЕХ 32Х50-МВ32
025	2, 3	Подовжувач	ЕХ 80Х160-МВ80

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 картер наведені в таблиці 2.11.

Таблиця 2.11

Вимірювальний інструмент і контрольні пристрої для деталі картер

Номер		Параметр деталі, який контролюється	Найменування вимірювального інструменту	Стандарт на конструкцію
Операції	Переходу			
1	2	3	4	5
Картер УЯИШ.731158.003				
005	2	$\varnothing 110 \pm 0,54$	Штангенциркуль ШЦЦ 1-125-0,1	ГОСТ 166-89
	3	$\varnothing 112 \pm 0,14$	Штангенциркуль ШЦЦ 1-125-0,1	ГОСТ 166-89
	4	$\varnothing 113 \pm 0,14$  0,04 Ж	Штангенциркуль ШЦЦ 1-125-0,1 Контрольне пристосування	ГОСТ 166-89 Спец.
	5	$139 \pm 0,4$	Штангенциркуль ШЦЦ 1-160-0,05	ГОСТ 166-89
	6	$137,24 \pm 0,05$  0,05 Ж	Штангенциркуль ШЦЦ 1-160-0,05 Контрольне пристосування	ГОСТ 166-89 Спец.
	7	$216 \pm 0,72$	Штангенциркуль ШЦЦ II-250-0,05	ГОСТ 166-89
	8	$217^{+0,25}$	Штангенциркуль ШЦЦ II-250-0,05	ГОСТ 166-89
	9	$\varnothing 20^{+0,3}$	Калібр-пробка	СТП 23.113.01.073-78
	10	$\varnothing 25^{+0,1}$	Калібр-пробка	СТП 23.113.01.073-78
	11	$\varnothing 33^{+0,25}$	Калібр-пробка	СТП 23.113.01.073-78
	12	$\varnothing 39^{+0,16}$	Калібр-пробка	СТП 23.113.01.073-78
	13	$\varnothing 18,5^{+0,2}$	Калібр-пробка	СТП 23.113.01.073-78
	14	$\varnothing 12,5^{+0,1}$	Калібр-пробка	СТП 23.113.01.073-78
	15	$1,6 \times 45^0$	Калібр кутовий	Спеціальний
	16	M14x1,5-6H	Пробка для різі	8221-4014
010	2	$164 \pm 0,4$	Штангенциркуль ШЦЦ II-250-0,05	ГОСТ 166-89
	3	$\varnothing 91^{+0,8}$	Штангенциркуль ШЦЦ 1-125-0,1	ГОСТ 166-89
	4	$\varnothing 95^{+0,2}$	Штангенциркуль ШЦЦ 1-125-0,1	ГОСТ 166-89
	5	$\varnothing 37^{+0,6}$	Штангенциркуль ШЦЦ 1-125-0,1	ГОСТ 166-89
	6	$\varnothing 18,5^{+0,2}$	Калібр-пробка	СТП 23.113.01.073-78
	7	$1,6 \times 45^0$	Калібр кутовий	Спеціальний
	8	$\varnothing 22^{+0,052}$	Калібр-пробка	СТП 23.113.01.073-78
	9	M20x1,5-6H	Пробка для різі	8222-4015
015	2	 0,08 $160 \pm 0,1$	Індикатор Штангенциркуль ШЦЦ II-250-0,05	ГОСТ 9696-82 ГОСТ 166-89
	3	$\varnothing 91^{+0,8}$	Штангенциркуль ШЦЦ 1-125-0,1	ГОСТ 166-89
	4	$\varnothing 95^{+0,2}$	Штангенциркуль ШЦЦ 1-125-0,1	ГОСТ 166-89

1	2	3	4	5
020	2	68 ^{+0,1}	Штангенцикуль ШЦЦ 1-125-0,1	ГОСТ 166-89
	3	Ø9 ^{-0,1} Ø91 ^{+0,8} Ø95 ^{+0,2}	Калібр-пробка Штангенцикуль ШЦЦ 1-125-0,1 Штангенцикуль ШЦЦ 1-125-0,1	СТП 23.113. 01.073-78 ГОСТ 166-89 ГОСТ 166-89
	4	Ø10,5 ^{+0,07}	Калібр-пробка	СТП 23.113. 01.073-78
	5	M12x1,5-6H	Пробка для різьби	8222-4015
025	2	Ø113,6 ^{+0,087}	Штангенцикуль ШЦЦ 1-160-0,05	ГОСТ 166-89
	3	Ø113,995 ^{+0,05}	Нутромір	ГОСТ 9244-75
	4	Ø114 ^{+0,071} ^{+0,036}	Нутромір	ГОСТ 9244-75
	5	Ø41,3 ^{+0,1}	Штангенцикуль ШЦЦ 1-125-0,1	ГОСТ 166-89
	6	Ø42,3 ^{+0,062}	Штангенцикуль ШЦЦ 1-125-0,1	ГОСТ 166-89
	7	Ø47,8 ^{+0,062}	Нутромір	ГОСТ 9244-75
030	2	Ø96 ^{+0,057}	Штангенцикуль ШЦЦ II-162-0,05	ГОСТ 166-89
	3	Ø97 ^{+0,022}	Штангенцикуль ШЦЦ II-160-0,05	ГОСТ 166-89
	4	Ø103 ^{+0,087}	Штангенцикуль ШЦЦ II-160-0,05	ГОСТ 166-89
035	2	Ø12±0,3 27±0,25	Калібр-пробка Штангенцикуль ШЦЦ 1-125-0,1	СТП 23.113. 01.073-78 ГОСТ 166-89
	3	Ø6 ^{+0,075}	Калібр-пробка	СТП 23.113. 01.073-78
	4	Ø10 ^{+0,043} /// 0,25/100 Ж	Калібр-пробка Пристрій для контролю допуску паралельності	СТП 23.113. 01.073-78 Спец.
	5	M8-6H	Пробка для різі	8218-4015

2.11. Визначення припусків та операційних розмірів деталі

Після вибору плану обробки поверхонь, розробки маршрутної технології, розраховуємо припуски на механічну обробку. Для розрахунку використовуємо методику В.М. Кована [4]. Аналітичне визначення припусків здійснюємо для отвору $\varnothing 42,3^{+0,06}$.

Короблення отвору:

$$\rho_{кор} = \Delta_{\kappa} \cdot l, \text{ мкм}$$

де: Δ_{ϵ} - питома кривизна заготовки на 1 мм довжини (табл. 32 [4])

$$\rho_{кор} = 1 \cdot 69 = 69_{\text{мкм}}$$

Сумарний зсув отвору відносно зовнішньої поверхні, мкм:

$$\rho_{см} = \delta = 1000$$

Сумарне значення просторових відхилень для заготовки, мкм:

$$\rho_z = \sqrt{\rho_{см}^2 + \rho_{кор}^2} = \sqrt{1000^2 + 69^2} = 1002$$

Мінімальний припуск на розточування чорнове, мкм:

$$2Z \min_1 = 2(Rz_0 + T_0 + \rho_0)$$

$$2 \cdot Z \min_1 = 2 \cdot (150 + 250 + 1002)$$

$$2 \cdot Z \min_1 = 2 \cdot 1402$$

Просторове відхилення після розточування чорнового

$$\rho_1 = \rho_z \cdot \hat{E} \acute{o},$$

де: K_y - коефіцієнт уточнення форми

$$\rho_1 = 1002 \cdot 0,06 = 60_{\text{мкм}}$$

Мінімальний припуск на розточування чистове, мкм:

$$2Z \min_2 = 2(Rz_1 + T_1 + \rho_1)$$

$$2 \cdot Z \min_2 = 2 \cdot (50 + 50 + 60)$$

$$2 \cdot Z \min_2 = 2 \cdot 160$$

Просторове відхилення після розточування чистового

$$\rho_2 = \rho_z \cdot K_y$$

$$\rho_2 = 1002 \cdot 0,04 = 40 \text{ мкм}$$

Мінімальний припуск на розточування тонке, мкм:

$$2Z \min_3 = 2(Rz_2 + T_2 + \rho_2)$$

$$2 \cdot Z \min_3 = 2 \cdot (30 + 30 + 40)$$

$$2 \cdot Z \min_3 = 2 \cdot 100$$

Максимальний припуск на розточування чорнове, мкм:

$$2Z \max_3 = 2Z \min_3 + \delta_2 - \delta_3$$

$$2Z \max_3 = 2 \cdot (100 + 120 - 30)$$

$$2Z \max_3 = 2 \cdot 190$$

Максимальний припуск на розточування чистове, мкм:

$$2Z \max_2 = 2Z \min_2 + \delta_1 - \delta_2$$

$$2Z \max_2 = 2 \cdot (160 + 400 - 120)$$

$$2Z \max_2 = 2 \cdot 440$$

Максимальний припуск на розточування чистове, мкм:

$$2Z \max_1 = 2Z \min_1 + \delta_0 + \delta_1$$

$$2Z \max_1 = 2 \cdot (1402 + 3000 - 400)$$

$$2Z \max_1 = 2 \cdot 4002$$

Мінімальний розмір після розточування чорнового, мм:

$$D \min_2 = D \min_3 - 2Z \min_3$$

$$D \min_2 = 42,3 - 0,38 = 41,92$$

Максимальний розмір після розточування чорнового, мм:

$$D \max_2 = D \max_3 - 2Z \max_3$$

$$D \max_2 = 42,36 - 0,2 = 42,16$$

Мінімальний розмір після розточування чистового, мм:

$$D \min_1 = D \min_2 - 2Z \min_2$$

$$D \min_1 = 41,92 - 0,88 = 41,04$$

Максимальний розмір після розточування чистового, мм:

$$D \max_1 = D \max_2 - 2Z \max_2$$

$$D \max_1 = 42,16 - 0,32 = 41,84$$

Мінімальний розмір після розточування тонкого, мм:

$$D \min_0 = D \min_1 - 2Z \min_1$$

$$D \min_0 = 41,04 - 4,002 = 37,038$$

Максимальний розмір після розточування тонкого, мм:

$$D \max_0 = D \max_1 - 2Z \max_1$$

$$D \max_0 = 41,84 - 1,402 = 40,438$$

Середній операційний припуск на розточування тонке, мм:

$$\Delta Z_3 = \frac{Z \max_3 + Z \min_3}{2}$$

$$\Delta Z_3 = \frac{0,2 + 0,38}{2} = 0,29$$

Середній операційний припуск на розточування чистове:

$$\Delta Z_2 = \frac{Z \max_2 + Z \min_2}{2}$$

$$\Delta Z_2 = \frac{0,32 + 0,88}{2} = 0,6$$

Середній операційний припуск на розточування чорнове:

$$\Delta Z_1 = \frac{Z \max_1 + Z \min_1}{2}$$

$$\Delta Z_1 = \frac{1,402 + 4,002}{2} = 2,7$$

Глибина різання на розточування тонке, мм:

$$t_3 = Z \min_3 + \frac{5(Z \max_3 - Z \min_3)}{6}$$

$$t_3 = 0,2 + \frac{5(0,38 - 0,2)}{6} = 0,35$$

Глибина різання на розточування чистове, мм:

$$t_2 = Z \min_2 + \frac{5(Z \max_2 - Z \min_2)}{6}$$

$$t_2 = 0,32 + \frac{5(0,88 - 0,32)}{6} = 0,78$$

Глибина різання на розточування чорнове, мм:

$$t_1 = Z \min 1 + \frac{5(Z \max_1 - Z \min_1)}{6}$$

$$t_1 = 1,402 + \frac{5(4 - 1,402)}{6} = 3,6$$

Всі розраховані значення припусків та допусків для даної поверхні заносимо в карту розрахунків (табл. 2.12).

Таблиця 2.12

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	
	Rz	T	ρ				$d_{\min}$	$d_{\max}$	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
Заготовка	150	250	1820		40	3000	37	40		
Розточування чорнове	50	50	1002	2·1402	41,8	400	41,04	41,84	1402	4002
Розточування чистове	30	30	60	2·160	42,1	120	41,92	42,16	160	440
Розточування тонке	10	20	40	2·100	42,36	30	42,3	42,36	100	190

Схему графічного розташування припусків і допусків для поверхні $\varnothing 42,3^{+0,06}$ див. на рис. 2.1.

На решту поверхонь деталі припуски визначаємо за довідковими таблицями. Вибрані величини припусків подано в таблиці 2.13.

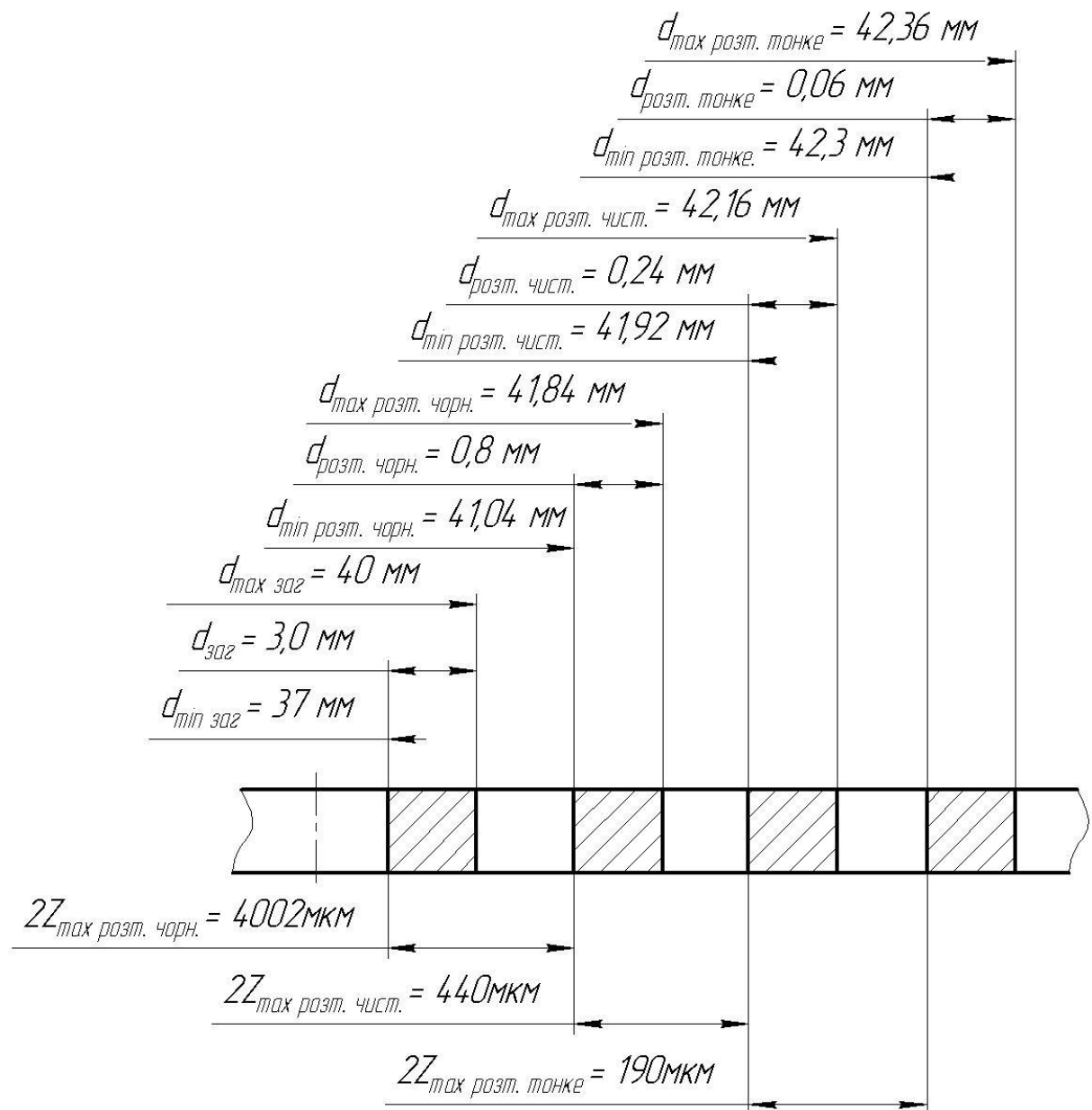


Рис.2.1. Схема графічного розташування припусків і допусків для поверхні

$\varnothing 42,3^{+0,06}$

На решту поверхонь деталі картер припуски визначаємо за довідковими таблицями. Вибрані величини припусків подаємо у вигляді таблиці 2.13.

Таблиця 2.13

Зведена таблиця припусків на обробку деталі картер УЯИШ.731158.003

№ пов-ні	Найменування поверхні	Припуск Z_{min} , мм	Технологічний допуск, мм
1	2	4	5
Картер УЯИШ.731158.003			
1	Отвір	4	0,035
2	Торець	4	0,25

Продовження табл. 2.13

1	2	3	4
3	Отвір	8,65	0,1
4	Фаска	1	0,5
5	Отвір	12,5	0,1
6	Канавка	2,75	0,062
7	Бічна поверхня	4	0,1
8	Різьбовий отвір	M12x1,5-6H	
9	6 різьбових отворів	M14x1,5-6H	
10	Торець	4	0,05
11	Отвір	5	0,022
12	Фаска	1,5	0,5
13	Канавка	3	0,087
14	Торець	4	0,2
15	Різьбовий отвір	M20x1,5-6H	
16	Отвір	5	0,043
17	Фаска	1	0,5
18	Різьбовий отвір	M8-6H	
19	Торець	3	0,46
20	Торець	4	0,06

2.12. Визначення режимів різання

Режими різання є одним із найважливіших факторів, які впливають на ефективність механічної обробки, якість оброблених поверхонь, тривалість експлуатації інструменту та економічність виробничого процесу. Правильний вибір режимів різання забезпечує оптимальне співвідношення між продуктивністю процесу, собівартістю виготовлення деталі та відповідністю технічним вимогам до готового виробу.

У цьому розділі розглядається процес визначення оптимальних режимів різання для обробки деталі картер, враховуючи специфіку матеріалу заготовки, конструктивні особливості деталі, обраний інструмент та обладнання. Особлива увага приділяється вибору параметрів швидкості різання, подачі та глибини різання, які забезпечують досягнення необхідної точності, якості поверхні та продуктивності.

Результати аналізу дозволяють розробити обґрунтовані рекомендації щодо параметрів обробки, які сприятимуть підвищенню ефективності технологічного процесу та забезпеченню відповідності готової деталі технічним вимогам.

Розрахунок режимів різання здійснюємо розрахунково-аналітичним методом для операції 015 Комплексна з ЧПУ. На решту операцій елементи режимів різання визначаємо за нормативними документами (довідниками та виробничими нормативами). Визначені величини елементів режимів різання заносимо в таблицю 2.14.

На 015 комплексній з ЧПУ операції виконується:

- фрезерування площини;
- чорнове розточування отвору;
- чистове розточування отвору.

Розраховуємо режими різання для 2 переходу 015 операції – фрезерування торцевої поверхні.

- глибина фрезерування $t = 4$ мм
- ширина фрезерування $B = 122$ мм

Швидкість різання, м/хв.:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot (S_z)^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v,$$

де: $C_v = 445$, $q = 0,2$, $x = 0,15$, $y = 0,35$, $u = 0,2$, $p = 0$, $m = 0,32$ (табл. 39 [26]);

T - період стійкості інструменту, $T = 250$ хв. (табл. 40 [26]);

S_z - подача на зуб фрези, $S_z = 0,32$ (табл. 33 [26]);

z - число зубців фрези;

K_v - загальний поправочний коефіцієнт, що враховує фактичні умови різання:

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

де: K_{mv} - коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу, $K_{mv} = 1$ (табл. 3 [26]);

K_{nv} - коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу, $K_{nv} = 0,85$ (табл. 5 [26]);

K_{uv} - коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту, $K_{uv} = 0,83$ (табл. 6 [26])

$$K_v = 1 \cdot 0,85 \cdot 0,83 = 0,7$$

$$V = \frac{445 \cdot 122^{0,2}}{250^{0,32} \cdot 4^{0,15} \cdot 0,32^{0,35} \cdot 122^{0,2} \cdot 10^0} \cdot 0,7 = 64,6 \text{ м/хв.}$$

Кількість обертів шпинделя, об/хв.:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 64,6}{\pi 122} = 168,6$$

Фактична швидкість, м/хв.:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 122 \cdot 168,6}{1000} = 64,5$$

Колова сила різання, Н:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot (S_z)^y \cdot B^n \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot k_{mp},$$

де: $C_p = 491$, $x = 1,0$, $y = 0,75$, $u = 1,1$, $q = 1,3$, $w = 0,2$ (табл. 41 [26]);

z - число зубців фрези;

k_{mp} - коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу, $k_{mp} = 1$ (табл. 9 [26])

$$P_z = \frac{10 \cdot 491 \cdot 4^{1,0} \cdot 0,32^{0,75} \cdot 122^{1,1} \cdot 16}{122^{1,3} \cdot 168,6^{0,2}} \cdot 1 = 18398$$

Потужність різання, кВт:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{18398 \cdot 64,5}{1020 \cdot 60} = 19,3$$

Крутний момент, Н·м:

$$M_{\kappa} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{18398 \cdot 122}{2 \cdot 100} = 11223$$

Розраховуємо режими різання для 3 переходу 015 операції – чорнового розточування отвору.

- глибина розточування $t = 3\text{мм}$

Швидкість різання, м/хв.:

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

де: $C_v = 292$, $x = 0,15$, $y = 0,2$, $m = 0,2$ (табл. 17 [26]);

T - період стійкості інструменту, хв.;

s - подача (табл. 12 [26]);

K_v - загальний поправочний коефіцієнт, що враховує фактичні умови різання:

$$K_v = K_{v_1} \cdot K_{v_2} \cdot K_{v_3} \cdot K_{v_4} = 0,8 \cdot 1 \cdot 0,83 \cdot 0,7 = 0,465$$

$$V = \frac{292}{60^{0,2} \cdot 3^{0,15} \cdot 0,4^{0,2}} \cdot 0,465 = 63,36$$

Кількість обертів шпинделя, об/хв.:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 63,36}{\pi 91} = 221,7$$

Фактична швидкість, м/хв.:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 91 \cdot 221,7}{1000} = 63,3$$

Тангенціальна сила різання, Н:

$$P_z = 10 \cdot C_{p_z} \cdot t^{x_{p_z}} \cdot s^{y_{p_z}} \cdot v^{n_{p_z}} \cdot K_{p_z},$$

де: $C_p = 100$, $x = 1$, $y = 0,75$, $n = 0$ (табл. 22 [26]);

$$P_z = 10 \cdot 100 \cdot 3^{1,0} \cdot 0,4^{0,75} \cdot 63,3^0 \cdot 1 \cdot 0,89 = 1343$$

Потужність різання, кВт:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1343 \cdot 63,3}{1020 \cdot 60} = 1,4$$

Розраховуємо режими різання для 4 переходу 015 операції – чистового розточування отвору.

- глибина розточування $t = 2$ мм

Швидкість різання, м/хв.:

$$V = \frac{292}{60^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,2^{0,2}} \cdot 0,465 = 77,68$$

Кількість обертів шпинделя, об/хв.:

$$n = \frac{1000 \cdot 77,68}{\pi 97} = 255$$

Фактична швидкість, м/хв.:

$$V = \frac{3,14 \cdot 97 \cdot 255}{1000} = 77,6$$

Тангенціальна сила різання, Н:

$$P_z = 10 \cdot 100 \cdot 2^{1,0} \cdot 0,2^{0,75} \cdot 77,6^0 \cdot 1 \cdot 0,89 = 532$$

Потужність різання, кВт:

$$N = \frac{532 \cdot 77,6}{1020 \cdot 60} = 0,7$$

Таблиця 2.14

Режими різання на операціях механічної обробки деталі картер

Номер		t, мм	S _{мм} /об S _{мм} /хв	V м/хв	n, хв. ⁻¹	t _о , хв
опе- рації	пере- ходу					
1	2	3	4	5	6	7
Картер УЯИШ.731158.003						
005	2	2	0,7	132	315	12,676
	3	1	0,2	250	630	
	4	0,5	0,1	295	800	
	5	2	0,5	84	160	
	6	1,76	0,2	112	200	
	7	3	0,8	179	500	
	8	1	0,2	250	630	
	9	10	0,5	22	710	
	10	2,5	0,4	104	1000	
	11	4	0,9	93	800	
	12	3	1,1	117	1000	
	13	1	0,2	250	1600	

	14	6,25	0,5	22	710	
	15	1,6	0,5	19,7	400	
	16	1,5	0,09	14,5	290	
010	2	4	0,15	49,5	63	7,236
	3	3	0,4	63,3	200	
	4	2	0,2	77,6	250	
	5	9,25	0,5	22	710	
	6	1,6	0,1	27,2	400	
	7	0,25	0,1	60	710	
	8	0,15	0,1	34,5	500	
	9	0,75	0,09	14,5	290	
015	2	4	0,15	49,5	63	1,7
	3	3	0,4	63,3	200	
	4	2	0,2	77,6	250	
020	2	4	25	50	63	1,42
	3	4,5	0,5	17	500	
	4	5,25	0,5	22	710	
	5	1,5	0,09	14,5	290	
025	2	0,3	0,3	167	500	5,95
	3	0,19	0,25	252	710	
	4	0,0025	0,2	125	315	
	5	1,15	0,25	148	1000	
	6	1	0,16	188	1250	
	7	2,75	0,3	132	800	
030	2	0,75	0,21	167	500	0,548
	3	0,25	0,16	188	630	
	4	3	0,35	117	315	
035	2	6	0,5	17	500	0,595
	3	3	0,5	22	710	
	4	2	0,3	22	710	
	5	1	0,09	14,5	290	

2.13. Технічне нормування операцій

Технічне нормування є важливим етапом процесу виготовлення деталей, оскільки воно забезпечує ефективне планування та організацію виробництва, визначаючи оптимальні витрати часу, матеріалів та ресурсів. У випадку деталей типу "картер", які є складними елементами машинобудівних конструкцій, особливості технологічного процесу потребують ретельного аналізу та стандартизації.

Цей розділ присвячений розробці технічних норм для операцій обробки деталі картер, з урахуванням її геометричних параметрів, фізико-механічних властивостей матеріалу, а також вимог до якості кінцевого виробу. Розглядаються

основні методи технічного нормування, аналізуються фактори, що впливають на час виконання операцій, та надаються рекомендації щодо оптимізації процесів.

Метою розділу є визначення раціональних технічних умов обробки деталі, що сприяють підвищенню продуктивності праці, зниженню виробничих витрат та забезпеченню високої якості готової продукції.

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

$$t_{шт.к} = t_o + t_{доп} + t_{ТО} + t_{орг.об} + \frac{T_{пз}}{n}$$

де: $T_{пз}$ – підготовчо-заключний час, хв.

$t_o, t_{доп}, t_{ТО}, t_{орг.об}$ - час основної, допоміжної роботи, техобслуговування та організаційного обслуговування, хв.

n - розмір партії, шт. $n=625$

Результати розрахунків заносимо в таблицю 2.15.

Таблиця 2.15

Норми часу на обробку деталі картер

№ операції	t_o , 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
Картер УЯИШ.731158.003								
005	14,98	7,47	0,04	0,04	0,04	22,57	12	22,69
010	10,01	5,46	0,02	0,02	0,02	15,53	9	15,61
015	1,7	5,5	0,06	0,09	0,09	7,44	5	7,45
020	1,42	1,2	0,03	0,04	0,04	2,73	5	2,74
025	5,95	3,2	0,04	0,03	0,02	9,24	9	9,25
030	0,548	1,1	0,03	0,03	0,01	1,718	6	1,73
035	0,595	1,3	0,03	0,05	0,04	2,015	5	2,02

3. Конструкторська частина

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

Система регулювання радіального розміру (СРРР) на базі пружно-гвинтового хону (ПГХ) (рис.3.1) для обробки отворів великих діаметрів має конструктивну схожість із аналогічною системою для середніх діаметрів, але характеризується низкою специфічних особливостей. Зокрема, застосовується менша ступінь оправки 3, що забезпечує розміщення елементів для центрування ПГХ 1 в оброблюваному отворі, втулки 15 та розрізної обойми 16.

ПГХ 1 монтується на втулці 15 за допомогою штифтів 8 та 14. Втулка 15 оснащена тороподібними пазами, що спряжені із зовнішньою тороподібною поверхнею розрізної обойми 16. Остання своєю внутрішньою конічною поверхнею спряжена із зовнішньою конічною поверхнею меншої ступені оправки 3. Центрування ПГХ 1 забезпечується підтягуванням гайок 9.

Контакт між штифтом 8 і товкачем 2 здійснюється через сферичний елемент, який мінімізує контактні напруження, що підвищує надійність системи.

Робота системи здійснюється через подачу робочої рідини через муфту 7 і стакан 6 у внутрішню порожнину обмежувального формоутворювального наповнювача деформованого (ОФНД) 4.

На початку обробки під дією створеного тиску відбувається пружна деформація дна ОФНД 4. Ця деформація передається через товкач 2 на штифт 8, що спричиняє осьову деформацію ПГХ 1 у напрямку його геометричної осі. Така осьова деформація забезпечує зменшення власного радіального розміру ПГХ, дозволяючи виконувати обробку з високою точністю та адаптацією до діаметру отвору.

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.

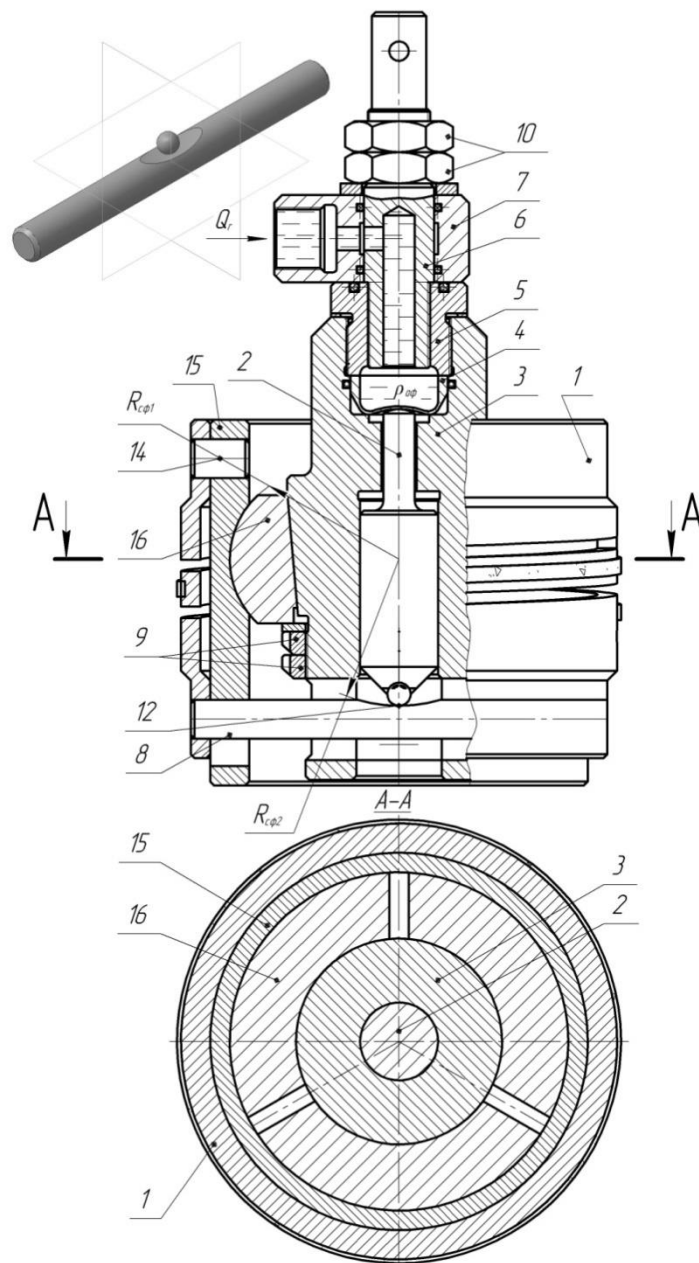


Рис.3.1 Конструктивне виконання СРРР на базі ПГХ для відділкової алмазно-абразивної обробки отворів великих діаметрів

1 – ПГХ; 2 – товкач; 3 – оправка; 4 – ОФНД; 5 – різьбова 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; ρ_{of} – гідростатичний тиск; R_{cf1} – радіус сферичної поверхні обойми 15; R_{cf2} – радіус сферичної концентричної до радіусу сферичної поверхні обойми 15.

3.2. Розрахунок та розробка конструкції контрольно-вимірювального пристрою

3.2.1. Опис конструкції та роботи пристрою

Контрольний пристрій індикаторного типу (рис. 3.2) призначений для перевірки відхилень від циліндричності в межах 0,03 мм на поверхні Ø114F7 та розміру 38-0,05 у деталі **картер УЯИШ.731158.003**.

Принцип роботи пристрою полягає у встановленні контрольованої деталі на базовий палець. Величина співвісності отворів щодо зовнішньої поверхні деталі вимірюється важільним механізмом, що передає дані на вимірювальний наконечник індикатора. Наконечник важеля постійно утримується в контакті з поверхнею деталі за допомогою пружини.

Для забезпечення точності вимірювань пружинна головка має бути жорстко зафіксована в цанговому затиску, а вимірювальний наконечник — щільно притиснутий до важеля. При натисканні на наконечник важеля стрілка індикатора повинна чітко реагувати, відхиляючись від початкового положення.

Процедура вимірювання:

1. Установити картер у контрольний пристрій.
2. Підвести його до вимірювального наконечника важеля та базової поверхні кільця до упору.
3. Виконати вимірювання деталі в декількох точках.

Принцип вимірювання ґрунтується на визначенні відхилень співвісності твірної поверхні щодо базової поверхні деталі.

Критерії придатності:

Деталь вважається придатною, якщо відхилення стрілки індикатора не перевищує трьох поділок.

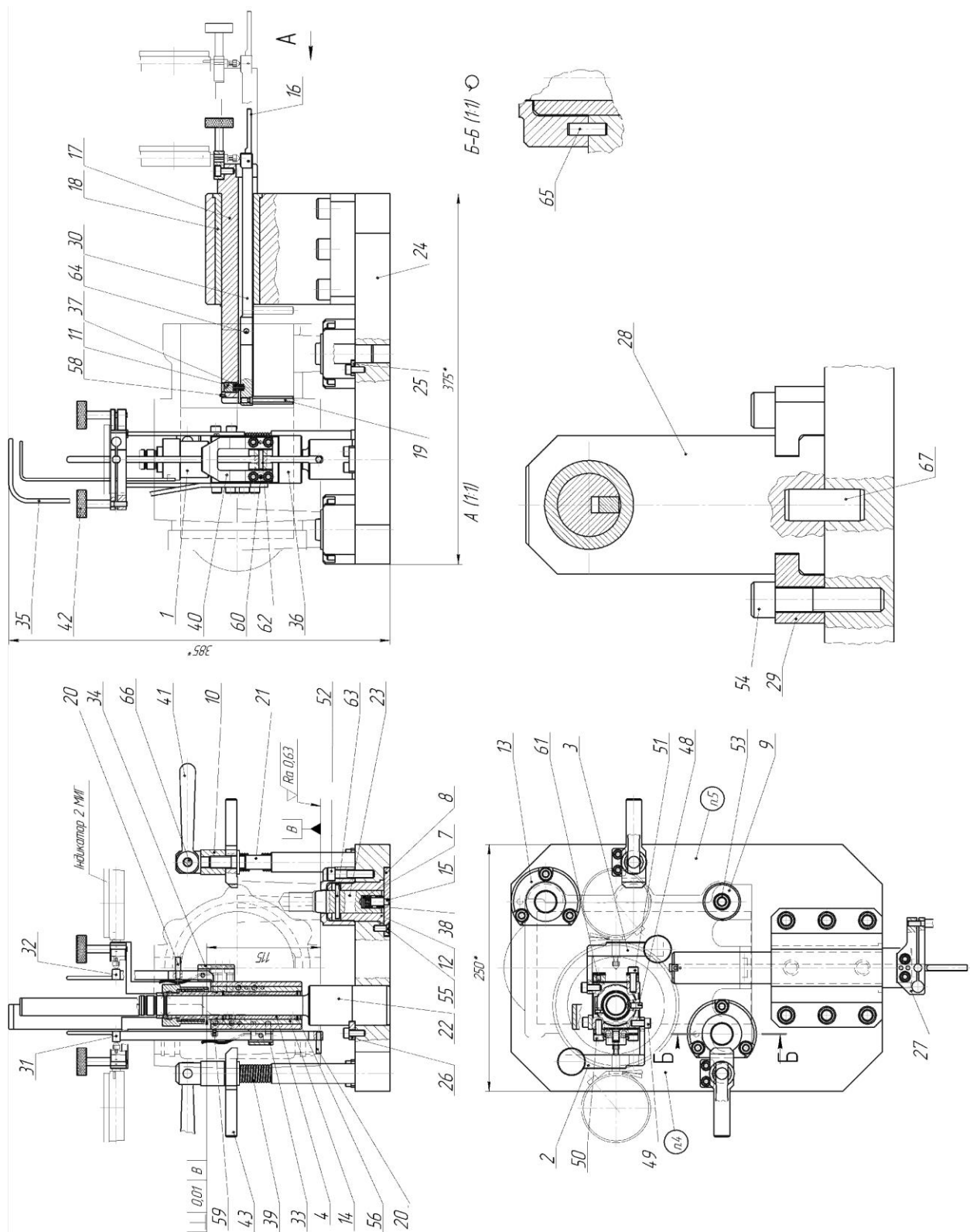


Рис. 3.2. Конструкція контрольно-вимірювального пристрою:

- 1 - захват, 2 - кронштейн лівий, 3 - кронштейн правий, 4 - втулка направляюча, 7 - п'ята, 8 - кришка, 9 - опора, 10 - гайка, 11 - гвинт, 12 - втулка, 13 - опора, 14 - гільза, 15 - штир, 16 - ручка, 17 - оправка, 18 - втулка, 19, 20 - ніжки, 21 - шпилька, 22 - оправка, 23 - палець базовий, 24 - основа, 25, 26 - фіксатори, 27 - кронштейн, 28 - стійка, 29 - прихват, 30 - важіль, 31 - важіль правий, 32 - важіль лівий, 33 - планка ліва, 34 - планка права, 35, 41 - ручка, 36 - корпус, 37, 38, 39, 40 - пружина.

3.2.2. Визначення похибок вимірювання і перевірка умов працездатності пристрою

Вимірювання геометричних параметрів деталей є важливим етапом забезпечення якості продукції у машинобудуванні. Для отримання точних і достовірних результатів вимірювань необхідно враховувати похибки, які виникають внаслідок недосконалості вимірювальних пристроїв, умов їх експлуатації, людського фактора та інших чинників. Визначення похибок вимірювань є ключовим завданням, оскільки саме похибки суттєво впливають на точність контролю та відповідність деталей технічним вимогам.

У даному розділі розглядаються методи оцінки похибок вимірювань, зокрема визначення систематичних і випадкових складових, що дозволяє підвищити точність результатів. Крім того, виконується перевірка працездатності контрольного пристрою, яка є важливою складовою для забезпечення його ефективного функціонування та відповідності вимогам заданих допусків.

Аналіз і мінімізація похибок, а також перевірка умов працездатності вимірювальних пристроїв, дозволяють не лише підвищити надійність результатів контролю, а й забезпечити стабільність виробничих процесів. У цьому контексті особливу увагу приділено дослідженню індикаторного контрольного пристрою, застосовуваного для вимірювання параметрів деталей типу «картер».

Перевірку умов працездатності контрольного пристрою визначаємо за формулою:

$$\sqrt{\Delta_{\delta}^2 + \Delta_{\delta d}^2 + \Delta_{nn}^2 + \Delta_{\delta z}^2 + \Delta_{\delta z\delta}^2 + \Delta_{\delta id}^2} \leq [\Delta_{\text{вим}}],$$

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

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

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

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

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

$\Delta_{\delta id}$ – похибка відліку, $\Delta_{\delta id} = 0$

$[\Delta_{\text{вим}}]$ – 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 виконується в необхідній кількості проекцій, що забезпечують повне уявлення про його конструкцію. При цьому пристрій зображається в положенні, яке демонструє процес контролю деталі, котру позначають тонкими лініями.

На кресленні зазначаються габаритні розміри, установчі параметри, посадки основних спряжень, а також допуски розташування найбільш важливих поверхонь. Технічні вимоги до контрольного пристрою сформулюються у стислій формі для визначення його функціональних і експлуатаційних характеристик.

Креслення загального виду контрольного пристосування представлено в графічній частині дипломного проекту, забезпечуючи візуалізацію конструктивних рішень і відповідність технічним умовам.

4. Дослідна частина

4.1 Дослідження схрещування траєкторії слідів еластичних алмазно-абразивних брусків при обробці великих діаметрів

Проведемо дослідження впливу кута схрещування алмазно-абразивних брусків на швидкість видалення матеріалу в залежності від зміни швидкості різання. Вхідні дані представлені до табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Вхідні дані до досліджування

Найменування параметрів	Одиниця вимірювання	Значення
Матеріал		ВЧ500
Твердість	HRC	60...65
Контактний тиск, Рк	Мпа	0, 5
Кути схрещування, α	град.	30°, 45°, 60°,
Час	хв	3
Довжина оброблюваного отвору	мм	127
Матеріал алмазно-абразивних брусків		АС 16 80/63

К

ут

схре

щув

анн

я

алм

азно

-

абразивних брусків при обробці визначається за наступним рівнянням:

$$\tan \alpha = \frac{V_{fa} + V_{wa}}{V_{ft}} \quad (4.1)$$

В результаті дослідження отримуємо наступні значення при куті схрещування траєкторії слідів алмазно-абразивного бруска $\alpha=30^\circ$ табл.4.2, при куті $\alpha=45^\circ$ -табл. 4.3та куті $\alpha=60^\circ$ - табл. 4.4.

Результати дослідження впливу кута схрещування траєкторії слідів алмазно-абразивних брусків приведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2

№	Швидкість різання V_c мм/хв	Об'єм видаляемого матеріалу Q_w мм ³ /хв
$\alpha = 30^\circ$		
1	0,4	4,5
2	0,6	7
3	0,8	8
4	1	8
$\alpha = 45^\circ$		
5	0,2	3,5
6	0,4	5
7	0,6	5,5
8	0,8	5
9	1	10,5
10	1,15	21
$\alpha = 60^\circ$		
11	0,4	4
12	0,6	6
13	0,8	10

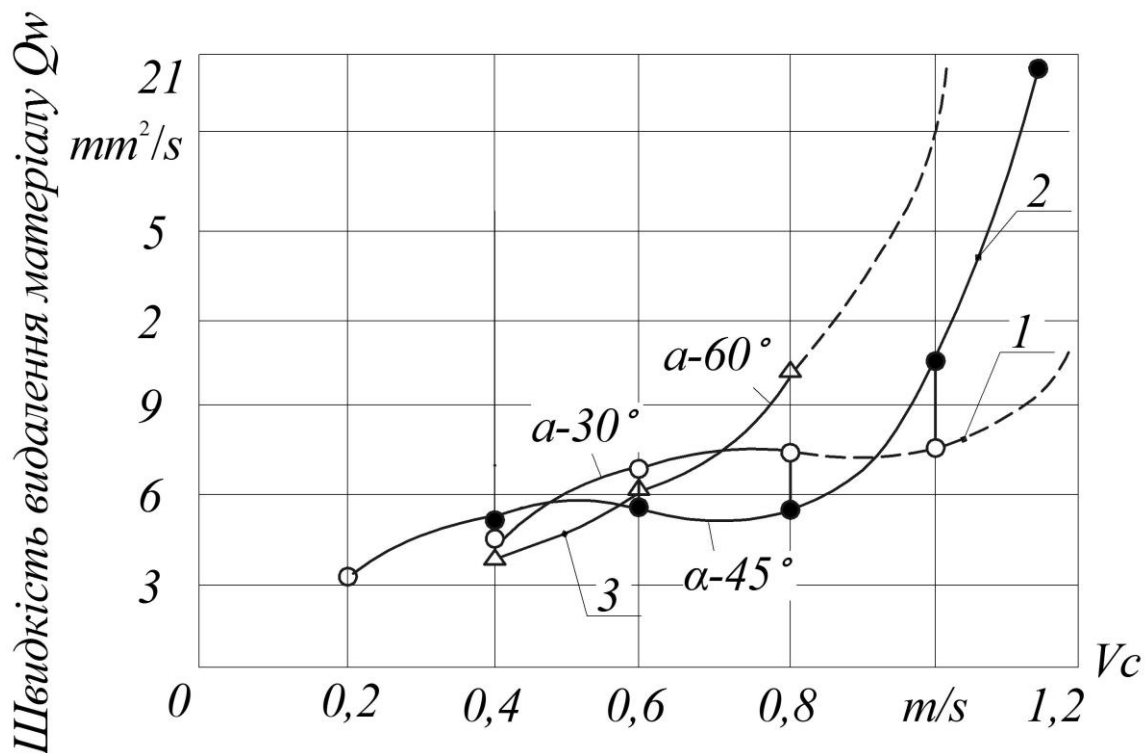


Рис. 4.1. Залежність видалення матеріалу від швидкості різання

За результатами досліджень отримано залежність видалення матеріалу від швидкості різання. При різних показниках кута схрещування траєкторії слідів

алмазно-абразивного бруска. В результаті при куті $\alpha=30^\circ$ крива має характер до показника 1. Далі ми можемо спостерігати низький зріст видалення матеріалу при куті $\alpha=45^\circ$, залежність на початку має напівсинусоїдальний характер з перепадом в точці 0,8 далі спостерігається різкий зріст видалення матеріалу при $\alpha=60^\circ$ ми можемо спостерігати рівномірний зріст величини видалення матеріалу.

Висновок: Доцільно в процесі хонінгувальних отворів забезпечити схрещування траєкторії алмазно-абразивних брусків $\alpha=30^\circ$.

4.2. Дослідження радіального зносу еластичного алмазно-абразивного бруска в процесі обробки великого діаметра в залежності від радіальної та осьової швидкості в умовах багатфакторного експерименту

Дослідження радіального зносу алмазно-абразивного бруска в залежності від радіальної та осьової швидкості в умовах багатфакторного експерименту на підставі даних отриманих в найкращому експерименті з попередньої серії дослідів.

В третій серії експериментів досліджували вплив основних технологічних факторів (коефіцієнту приросту тиску при переході від вихідної до робочої ступені – V_{ft} ; коефіцієнту коливання тиску в робочій ступені – rh ; коефіцієнту співвідношення часу робочого циклу і часу вихожування) на відхилення форми оброблюємого отвору. Дослідження проводили алмазним хоном з характеристикою абразивного шару АСМ 40/28, 100, М1. Для експериментів були підібрані отвори з вихідним відхиленням від циліндричності, що не перевищувало 4 мкм і шорсткістю $Ra = 0,4...0,8$ мкм..

Був реалізований повний факторний експеримент (ПФЕ). Значення рівнів досліджуємих факторів приведені в таблиці 4.5.

Фізична суть вказаних коефіцієнтів відображає вплив тиску і часу на параметр оптимізації геометричної точності отвору при інших рівних умовах, а саме: комбінований цикл №3 відповідає другій серії дослідів із збереженням постійних значень: параметри (V_1, V_2, V_o, δ).

перемінних факторів: вплив яких досліджували в даному експерименті визначалися наступним чином:

$$V_{fa} = l_0 \pi f \cos(\omega t) \quad (4.18)$$

де: l_0 – довжина;

f – перемінне введення частоти;

ω – уголовая скорость,

t – час.

$$v_{ft} = \sqrt{v_c^2 - l_0 \pi f \cos(\omega t)}$$

де: v_c – скорость різання;

w – частота;

l_0 – довжина;

ω – уголовая скорость;

t – час.

Проведемо дослідження впливу радіального зносу алмазно-абразивного бруска в залежності від радіальної та осьової швидкості табл. 4.3.

Таблица 4.3

Вхідні дані до досліджування

Найменування параметрів	Одиниця вимірювання	Значення
Алмазно-абразивний камінь	-	АС16 80/63
Оброблений діаметр	Мм	25
Час	хв	3
Довжина оброблюваного отвору	мм	127
Матеріал делалі		18ХГТ

П
ара
мет
р
опт
иміз

ації - радіальний знос алмазно-абразивного бруска.

Таблиця 4.4

Значення перемінних факторів були прийняті наступні

Назва параметрів					
Назва	Позн.	Один. вим- ня	Чисельне значення		
			Нижній рівень	Основний рівень	Верхній рівень
Тиск вхідної ступіні	P_1	МПа	4	7	5
Тиск робочої ступіні максимальний	$P_{2 \max}$		11,8	14,3	18,2
Тиск робочої ступіні мінімальний	$P_{2 \min}$		4	10	10
Час робочої ступіні	t_2	С	317	355,8	390,4
Час вихожування	t_3		244	244	244

Таблиця 4.5

В якості постійного фактору були прийняті наступні

Назва	Позначення	Одиниці вимірювання	Чисельне значення
Час вхідної ступіні	t_1	С	17
Частота зміни тиску	f	Гц	0,2
Тиск циклу вихожування	P_{31}	МПа	11
	P_{32}		6
	P_{33}		5
	P_{34}		2
Натяг в зоні обробки	δ	мкм	0,023-0,033

Контролюємий параметр: величина радіального зносу бруска.

Розраховуємий параметр: отримання рівняння регресії і оцінки впливу перемінних факторів на параметр оптимізації. Визначається відповідно до методики планування експериментів.

Таблиця 4.6

Умови проведення дослідів для отримання моделі 2-го порядку

Рівні вар'ювання	Незалежні зміни		
	Rh	Vfa	Vft
1	90	700	100
2	85	400	100
3	60	300	100
4	50	700	500
5	30	400	500
6	50	300	100
7	30	700	1200
8	30	400	500
9	35	300	100

Таблиця 4.7

Матриця планування другого порядку

№ дос-ду	Vft	rh	Vfa	Vfa * rh	Vfa * Vft	Vft * rh	Vfa ²	rh ²	Vft ²
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1
2	-1	+1	+1	+1	-1	-1	+1	+1	+1
3	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	+1	+1
4	-1	-1	+1	-1	-1	+1	+1	+1	+1
5	+1	+1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	+1
6	-1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	+1	+1
7	+1	-1	-1	+1	+1	-1	+1	+1	+1
8	-1	-1	-1	+1	-1	+1	+1	+1	+1
9	0	0	-1,7	0	0	0	+2,8	0	0
10	0	0	+1,7	0	0	0	+2,8	0	0
11	0	-1,7	0	0	0	0	0	+2,8	0
12	0	+1,7	0	0	0	0	0	+2,8	0
13	-1,7	0	0	0	0	0	0	0	+2,8
14	+1,7	0	0	0	0	0	0	0	+2,8
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Таблиця 4.8

Результати третьої серії дослідів

№ досліді	Δrh^{-1}	Δrh	$\Delta rh^{-1} - \Delta rh$	$(\Delta rh^{-1} - \Delta rh)^2$
1	11	12	13	14
1	5,6	5,5	0,1	0,01
2	7,8	6,9	0,9	0,81
3	5,6	5,5	0,1	0,01
4	7,8	6,9	0,9	0,81
5	4,0	4,01	0,01	0,0001
6	5,6	5,4	0,2	0,04
7	4,0	4,01	0,01	0,0001
8	5,6	5,4	0,2	0,04
9	5,0	4,7	0,3	0,09
10	6,6	7,3	0,7	0,49
11	4,2	4,4	0,2	0,04
12	4,2	4,4	0,2	0,04
13	6,0	6,8	0,8	0,64
14	4,8	4,8	0,4	0,16
15	3,4	3,4	0,14	0,02
16	3,6	3,6	0,06	0,0036
17	3,8	3,8	0,26	0,07
18	3,8	3,8	0,26	0,07
19	3,6	3,6	0,26	0,07
20	3,2	3,2	0,34	0,112

$$\Sigma X_i^2 = 2,73$$

$$\Sigma Y_i^2 = 98,4$$

$$\Delta r h = -144.6699 - 0.2265 * V_{ft} + 6.49 * V_{ft}^2 + 0.0001 V_{ft} * V_{fa} - 0.0009 V_{fa}^2 \quad (2.6)$$

Враховуючи той факт, що функція існує в границях вар'ювання аргументів, проводимо графічне вивчення поверхні відгуку. Задаємося значеннями факторів V_{ft} і V_{fa} в границях вар'ювання і визначаємо значення Y .

Результати рішення задачі, виконаної на ПК приведені в таблиці 4.9.

Таблиця 4.9

Результати оптимізації параметру радіального зносу бруска

Параметр оптимізації Знос бруска, gh	Vfa		Vft	
	Кодове значення	Натуральне значення	Кодове значення	Натуральне значення
1	2	3	4	5
15	-0,4...-0,3	1,34...1,37	0,25...0,4	1,62...1,7
16	-0,4...0	1,34...1,44	0...0,4	1,5...1,7
17	-0,4...0,2	1,34...1,46	-0,25...0,4	1,38...1,7
18	-0,4...0,4	1,34...1,48	-0,45...0,4	1,28...1,7
19	-0,4...0,5	1,34...1,5	-0,58...0,4	1,22...1,7
20	-0,4...0,6	1,34...1,52	-0,65...0,4	1,18...1,7
21	-0,4...0,7	1,34...1,54	-0,82...0,4	1,1...1,7
22	-0,4...0,8	1,34...1,56	-0,92...0,4	1,05...1,7
23	-0,4...0,9	1,34...1,58	-1,0...0,4	1,0...1,7
24	0...1,0	1,4...1,6	-1,0...0,4	1,0...1,7

Аналіз даних таблиці показує, що:

- забезпечення максимально досяжної циліндричності можливо при значеннях коефіцієнта до $V_{fa} = 400$ і коефіцієнта $V_{ft} = 500$;
- при зменшенні коефіцієнта до $V_{fa} = 300$ можливе збільшення величини радіального зносу;
- збільшення коефіцієнта V_{ft} вище $= 500$ не впливає на величину радіального зносу.

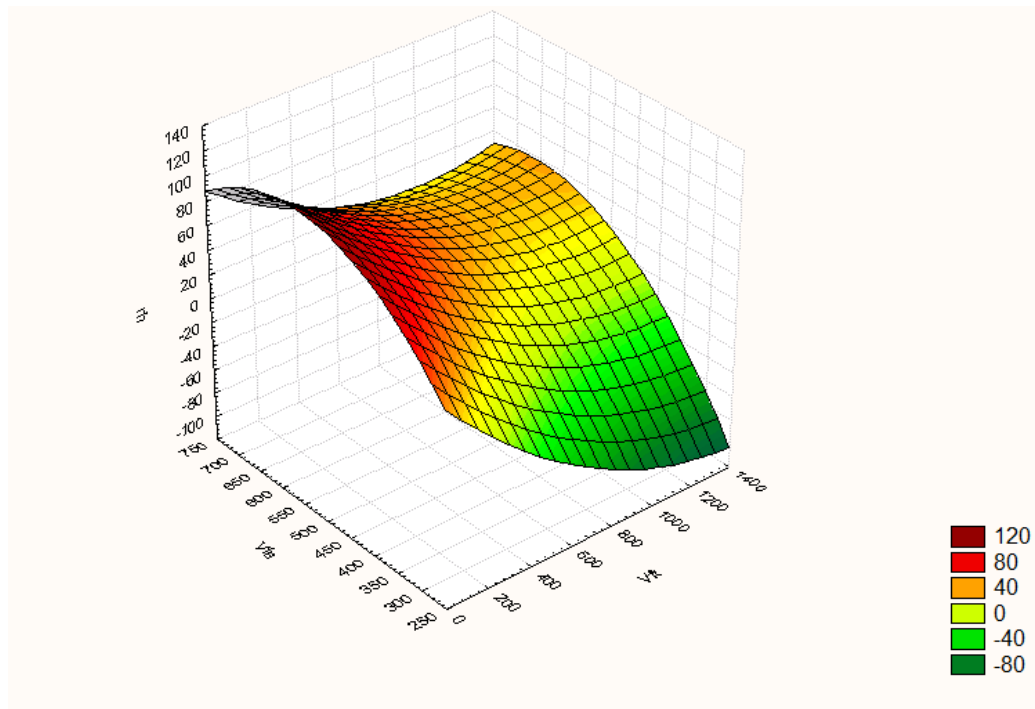


Рис. 4.2. Залежність радіального зносу алмазно-абразивного бруска від швидкостей

Висновок: В результаті дослідження в умовах багато факторного інструмента було визначено, що при максимальних показниках тангенціальної швидкості V_{ft} отримуємо мінімальний знос радіальної поверхні хонінгувальної головки при мінімальних показниках осьової швидкості V_{fa} і максимальних тангенціальної швидкості V_{ft} , отримано значення алмазно-абразивних брусків.

Оптимальним показником радіального зносу при однаковому співвідношенні швидкостей.

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 «картер УЯИШ 731158.703» визначимо за формулою:

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

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

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

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

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].

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

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

На операції 005 техпроцесу:

$$q_{p(1)} = \frac{7500 \cdot 22,57}{3680 \cdot 60 \cdot 1,01} = 0,76$$

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

Коефіцієнт завантаження обладнання по кожній деталі-операції:

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

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

Так, наприклад, на операції 005 техпроцесу:

$$\eta_{з(1)} = \frac{0,76}{1} = 0,76.$$

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

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

$$\bar{\eta}_з = \frac{\sum_{i=1}^m q_{p(i)}}{\sum_{i=1}^m q_{np(i)}} = \frac{1,96}{8} = 0,25 \quad (5.4)$$

де m - кількість операцій технологічного процесу.

Таблиця 5.1

Розрахунок завантаження обладнання

№ операції	Найменування операції	$t_{ум}, \text{хв.}$	Кількість обладнання		$\eta_з$	$\bar{\eta}_з$
			q_p	q_{np}		
005	Комплексна з ЧПУ	22,57	0,76	1	0,76	0,28
010	Комплексна з ЧПУ	15,53	0,52	1	0,52	
015	Комплексна з ЧПУ	4,44	0,15	1	0,15	
020	Комплексна з ЧПУ	2,73	0,09	1	0,09	
025	Відділково-розточна	9,24	0,31	1	0,31	
030	Відділково-розточна	1,718	0,06	1	0,06	
035	Свердлильна з ЧПУ	2,015	0,07	1	0,07	
	Всього	58,243	1,96	7	1,96	

Середній коефіцієнт завантаження обладнання цеху складає 0,28, що відповідає середньосерійному типу виробництва [1, дод. Д1].

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 деталей;
- 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.

$$n_p = \frac{0,5 \cdot 440}{1,718} \approx 128 \text{ шт.}$$

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:

$$A_p = \frac{N_z}{n_p} = \frac{7500}{128} = 59, \quad (5.6)$$

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:

$$n_{np} = \frac{N_z}{A_\phi} = \frac{7500}{52} = 144 \text{ шт.} \quad (5.7)$$

Періодичність (ритм) запуску-випуску партій деталей:

$$R_3 = \frac{T_p}{A_\phi} = \frac{250}{52} = 4,8 \text{ роб. днів}, \quad (5.8)$$

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:

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

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

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

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

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

№ опер	Найменування операції	t_{um} , хв.	$t_{n-з}$, хв.	$t_{\kappa-\partial}$, хв.	T_o , днів	t_{mo} , днів
005	Комплексна з ЧПУ	22,57	12	22,653	3,71	0,4
010	Комплексна з ЧПУ	15,53	8	15,586	2,55	0,4
015	Комплексна з ЧПУ	4,44	8	4,496	0,74	0,4
020	Комплексна з ЧПУ	2,73	8	2,786	0,46	0,4
025	Відділково-розточна	9,24	8	9,296	1,52	0,4
030	Відділково-розточна	1,718	6	1,760	0,29	0,4
035	Свердлильна з ЧПУ	2,015	6	2,057	0,34	0,4
040	Всього	58,243	-	58,632	9,59	2,8

Для даної партії деталей може бути обраний послідовний рух, який рекомендується приймати при груповому розташуванні обладнання, невеликій

масі деталей та тривалості операційних циклів, що в середньому не перевищують два дні.

Тривалість виробничого циклу визначаємо за формулою:

$$T_n = \sum_{i=1}^m T_{o_i} + \sum_{i=1}^m t_{mo} = 9,59 + 2,8 = 12,4 \text{ дні}, \quad (5.11)$$

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

$$t_{mo} = \frac{(0,25 \dots 0,8) \cdot \sum_{i=1}^m T_{o_i}}{m} = \frac{0,3 \cdot 9,59}{7} = 0,41 \text{ дні}, \quad (5.12)$$

Графік послідовного руху партії деталей «картер» представлено на рис. 5.1.

Середній розмір *циклового запасу* деталей визначається за формулою:

$$Z_y = \frac{n_{np} \cdot T_y}{R_3} = \frac{144 \cdot 12,4}{4,8} = 372 \text{ шт.}, \quad (5.13)$$

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

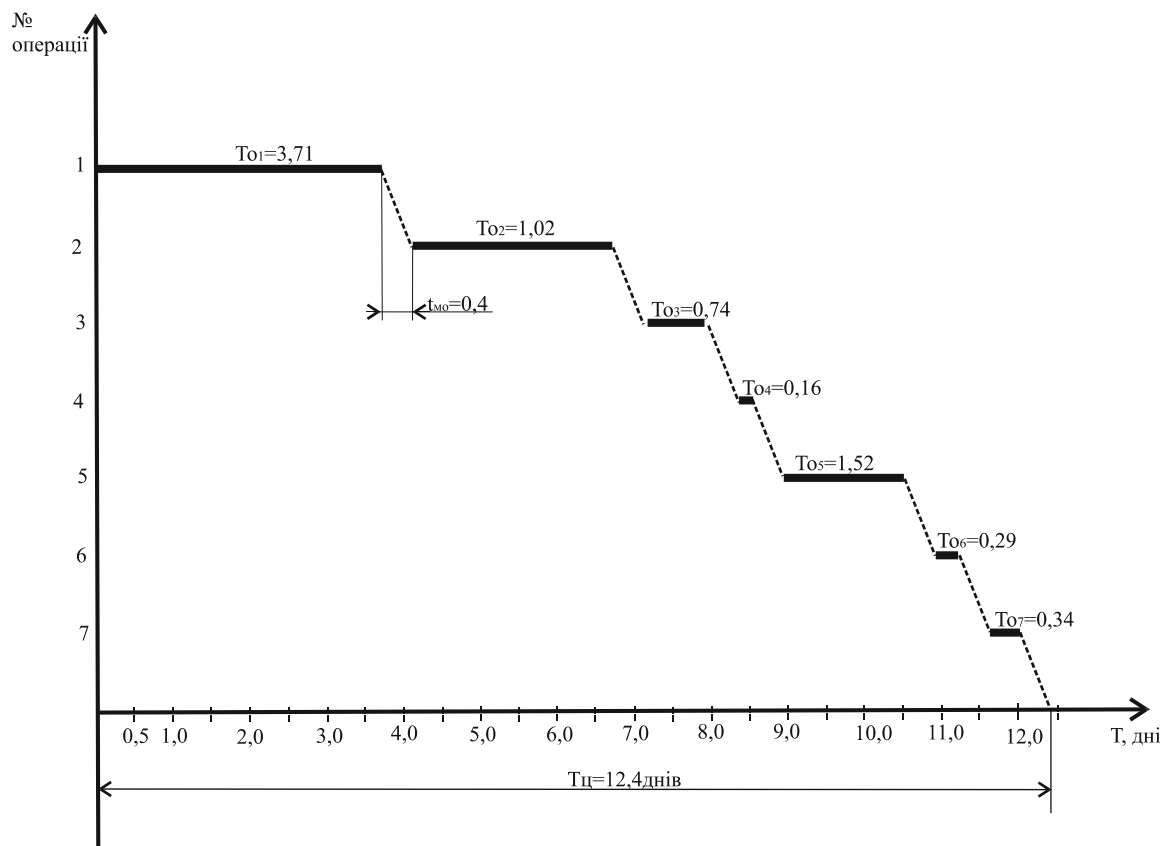


Рис. 5.1. Графік послідовного руху партії деталей «картер» $n_{np}=144$ шт.

5.3. Визначення чисельності основних робітників цеху

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

$$R_o = \frac{T_p}{F_{\partial p}}, \quad (5.14)$$

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

$$T_p = N_z \cdot \frac{\sum_{i=1}^m t_{um_i}}{60} \cdot K_{\partial o\partial} \cdot (1 + 0,01 \cdot d), \quad (5.15)$$

де $K_{\partial o\partial}$ - коефіцієнт довантаження обладнання до нормативного (η_{zn}) для даного типу виробництва [1, дод. Д1]:

$$K_{\partial o\partial} = \frac{\eta_{zn}}{\bar{\eta}} = \frac{0,8}{0,28} = 2,9 \quad (5.16)$$

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

$F_{\partial p}$ - 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%)):

$$F_{\partial p} = F_n \cdot (1 - 0,01 \cdot C_n) = 2000 \cdot (1 - 0,01 \cdot 8) = 1840 \text{ год.}, \quad (5.17)$$

$$T_p = 7500 \cdot \frac{58,243}{60} \cdot 2,9 \cdot (1 + 0,01 \cdot 20) = 27957 \text{ нормо-год.}$$

$$R_o = \frac{27957}{1840} = 15 \text{ осіб.}$$

6. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Для того, щоб довести доцільність впровадження запропонованого у даній дипломній роботі варіанту технологічного процесу, необхідно зробити його економічний аналіз. Цей аналіз здійснюється шляхом визначення та порівняння технологічної собівартості виготовлення деталі по кожному з альтернативних 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, 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.

Вартість основних матеріалів:

$$M_o = a_p \cdot C_m \cdot K_{mp} - a_e \cdot C_e, \quad (6.3)$$

де a_p - норма витрат матеріалу (чавуну ВЧ 600), кг;

C_m - ціна матеріалу, грн./кг;

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

a_e - маса відходів, кг;

C_e - ціна відходів, грн./кг;

В базовому варіанті:

$$M_{o.баз} = 12,60 \cdot 70,0 \cdot 1,05 - (12,60 - 11,0) \cdot 10,50 = 909,30 \text{ грн.};$$

В проектному варіанті:

$$M_{o.пр} = 11,97 \cdot 70,0 \cdot 1,05 - (11,97 - 11,0) \cdot 10,50 = 869,610 \text{ грн.}$$

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

$$Z_{одв} = C_{z(i)} \frac{t_{um(i)}}{60} (1 + K_o) \cdot (1 + K_c), \quad (6.4)$$

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

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

K_o, K_c - коефіцієнти, які враховують відповідно додаткову заробітну плату та відрахування на соціальні потреби (єдиний соціальний внесок).

$$Z_{одв.баз} = \frac{70,180 \cdot 66,9}{60} \cdot (1 + 0,1) \cdot (1 + 0,22) = 105,013 \text{ грн.}$$

$$Z_{одв.пр} = 70,180 \cdot \frac{49,003}{60} \cdot (1 + 0,1) \cdot (1 + 0,22) = 76,920 \text{ грн.}$$

Наступні статті витрат пов'язано з утриманням та експлуатацією обладнання. Тому, перед їх розрахунком, на основі [1, дод. Д2 та 2, с. 91] складемо таблицю щодо характеристики обладнання, яке використовується у порівнюваних операціях базового та проектного технологічних процесів (табл. 6.1).

Характеристика обладнання

Модель обладнання	Габаритні розміри: довжина × ширина, м	Потужність електродвигунів верстата, кВт	Маса, т	Група ремонтної складності механічної/електричної частини, УРО	Площа в плані $S_{од}$, м ²	Оптова ціна, тис. грн.
Базовий техпроцес						
ГФ2171С5 Спеціальний фрезерний	3,68×4,17	15,3	6,58	22/18	15,35	1265,0
2Н135 Свердильний	2,69×0,83	4,0	2,5	8/5,5	2,23	126,0
1К625 Токарний	3,91×1,20	10,0	3,0	14,5/8	4,69	180,0
ІР-500ПМФ4 Обробний центр	4,45×4,625	18,0	9,35	20/15	20,69	1910,0
2А715 Відділково-розточний	3,00×1,25	4,5	4,1	15/12	3,75	181,7
2Н125 Свердильний	0,77×0,78	1,5	0,6	7/4,5	0,60	62,1
Проектний техпроцес						
HYUNDAI WIA HS4000 Обробний центр з ЧПУ	4,03×1,90	15,0	5,95	25/18	7,66	3450
2Р135Ф2 Свердильний з ЧПУ	1,86×2,17	3,7	4,7	8/2	4,04	157,5

Витрати на електроенергію силову:

$$E_c = \frac{N_{\varepsilon} \cdot K_o \cdot K_N \cdot K_{\delta}}{\eta_{\varepsilon} \cdot \eta_m} \cdot \frac{t_{um}}{60} \cdot C_{el}, \quad (6.5)$$

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

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

K_N – коефіцієнт, який враховує завантаження електродвигунів за потужністю (приймається у розмірі 0,6...0,7 – для фрезерних та відділкових, 0,5...0,6 – для токарних та свердильних верстатів);

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

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

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

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

$$E_{с.баз} = \frac{(15,3 \cdot 10,3 + 4 \cdot 13,6 + 10 \cdot 4,8 + 18 \cdot 15,5 + 4,5 \cdot 16,8 + 1,5 \cdot 5,9) \cdot 0,6 \cdot 0,5 \cdot 0,4}{60 \cdot 0,95 \cdot 0,88} \times$$

$$\times 7,50 = 11,186 \text{ грн}$$

$$E_{с.пр} = \frac{(15 \cdot 45,27 + 3,7 \cdot 2,015 + 4,5 \cdot 1,718) \cdot 0,6 \cdot 0,5 \cdot 0,4}{0,95 \cdot 0,88 \cdot 60} \cdot 7,50 = 12,456 \text{ грн.}$$

Витрати на ремонт обладнання:

$$B_p = \frac{W_m \cdot R_m + W_e \cdot R_e}{F_{дрм}} \cdot \frac{t_{ум}}{60}, \quad (6.6)$$

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;

$$B_{р.баз} = \frac{(880 \cdot 22 + 386 \cdot 18) \cdot 10,3 + (880 \cdot 8 + 386 \cdot 5,5) \cdot 13,6 + (880 \cdot 14,5 + 386 \cdot 8) \cdot 4,8}{3680 \cdot 60} +$$

$$+ \frac{(880 \cdot 20 + 386 \cdot 15) \cdot 15,5 + (880 \cdot 15 + 386 \cdot 12) \cdot 16,8 + (880 \cdot 7 + 386 \cdot 4,5) \cdot 5,9}{3680 \cdot 60} = 5,346 \text{ грн.}$$

$$B_{р.пр} = \frac{(880 \cdot 25 + 386 \cdot 18) \cdot 45,27 + (880 \cdot 8 + 386 \cdot 2) \cdot 2,015 + (880 \cdot 15 + 386 \cdot 12) \cdot 1,718}{3680 \cdot 60} =$$

$$= 6,146 \text{ грн}$$

Витрати на допоміжні матеріали:

$$B_{мд} = \frac{M_{зв} \cdot R_m \cdot t_{ум}}{100 \cdot 60} \cdot K_{\epsilon}, \quad (6.8)$$

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

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

$$B_{мд.баз} = \frac{79,5 \cdot (22 \cdot 10,3 + 8 \cdot 13,6 + 14,5 \cdot 4,8 + 20 \cdot 15,5 + 15 \cdot 16,8 + 7 \cdot 5,9)}{100 \cdot 60} \cdot 1,0 = 14,695 \text{ грн.}$$

$$B_{мд.пр} = \frac{79,5 \cdot (25 \cdot 45,27 + 8 \cdot 2,015 + 15 \cdot 1,718)}{100 \cdot 60} \cdot 1,0 = 17,105 \text{ грн.}$$

Витрати на амортизацію універсального обладнання:

$$B_{ам} = \frac{\Phi_{бал} \cdot H_a \cdot t_{ум}}{F_{орм} \cdot 60 \cdot 100 \cdot \eta_{зн}}, \quad (6.9)$$

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

$$\Phi_{бал} = \Pi_{опт} \cdot (1 + K_{тр} + K_m + K_{\phi}), \quad (6.10)$$

де $\Pi_{опт}$ – 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, %.

$$B_{ам.баз} = \frac{(1265 \cdot 10,3 + 126 \cdot 13,6 + 180 \cdot 4,8 + 1910 \cdot 15,5 + 181,7 \cdot 16,8 + 62,1 \cdot 5,9)}{3680 \cdot 60 \cdot 100 \cdot 0,8} \times \\ \times 1000 \cdot 1,19 \cdot 15 = 49,513 \text{ грн.}$$

$$B_{ам.пр} = \frac{(3450 \cdot 45,27 + 157,5 \cdot 2,015 + 181,7 \cdot 1,718) \cdot 1,19 \cdot 1000 \cdot 15}{3680 \cdot 60 \cdot 100 \cdot 0,8} = 154,467 \text{ грн.}$$

Витрати на експлуатацію приміщення:

$$B_{ен} = \frac{S_{од} \cdot k_f \cdot C}{F_{орм} \cdot \eta_{зн}} \cdot \frac{t_{ум}}{60}, \quad (6.11)$$

де $S_{од}$ – площа в плані, яку займає одиниця обладнання, м²;

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

C – річні витрати, пов'язані з експлуатацією 1м² виробничого приміщення, грн.

$$B_{ен.баз} = \frac{(15,35 \cdot 2 \cdot 10,3 + 2,23 \cdot 3,5 \cdot 13,6 + 4,69 \cdot 3 \cdot 4,8 + 20,69 \cdot 1,5 \cdot 15,5)}{3680 \cdot 60 \cdot 0,8} + \\ + \frac{(3,73 \cdot 3,5 \cdot 16,8 + 0,6 \cdot 4 \cdot 5,9)}{3680 \cdot 60 \cdot 0,8} \cdot 780 = 5,318 \text{ грн.}$$

$$B_{ен.пр} = \frac{(7,66 \cdot 2,5 \cdot 45,27 + 4,04 \cdot 3 \cdot 2,015 + 3,75 \cdot 3,5 \cdot 1,718) \cdot 780}{3680 \cdot 60 \cdot 0,8} = 4,035 \text{ грн.}$$

6.1.2. Розрахунок постійних витрат

За поелементним методом розрахунку постійні витрати включають:

$$P = B_{нал} + B_{сп.осн} + B_{ам.сп} + B_{пр}, \quad (6.12)$$

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:

$$B_{нал} = C_{гн} \cdot \frac{t_{п-з}}{60} \cdot (1 + K_{\delta}) \cdot (1 + K_c) \cdot A, \quad (6.13)$$

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

$t_{п-з}$ – підготовчо-заключний час даної операції, хв.;

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

$$B_{нал.баз} = (88,375 \cdot \frac{8 \cdot 8 + 12}{60} + 103,969 \cdot \frac{24}{60}) \cdot (1 + 0,1) \cdot (1 + 0,22) \cdot 52 = 10713,88 \text{ грн.}$$

$$B_{нал.пр} = (88,375 \cdot \frac{2 \cdot 6 + 8}{60} + 103,969 \cdot \frac{8 \cdot 3 + 12}{60}) \cdot (1 + 0,1) \cdot (1 + 0,22) \cdot 52 = 6408,95 \text{ грн.}$$

Витрати на створення програмного забезпечення:

$$B_{пр} = T_{пр} \cdot Z_{год} \cdot K_{\delta c}, \quad (6.14)$$

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.

$$B_{пр.баз} = 31,5 \cdot 136,80 \cdot 1,342 = 5782,94 \text{ грн.}$$

$$B_{np,np} = 52,5 \cdot 136,80 \cdot 1,342 = 9638,24 \text{ грн.}$$

6.1.3. Розрахунок технологічної собівартості

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

Таблиця 6.2

Розрахунок технологічної собівартості

№ з/п	Статті витрат	Витрати, грн.	
		Базовий	Проект
1.	<u>Змінні витрати V</u>		
1.1	Матеріали основні	909,300	869,610
1.2	Заробітна плата виробничих робітників основна, додаткова з єдиним соціальним внеском	105,013	76,920
1.3	Електроенергія силова	11,186	14,456
1.4	Ремонт обладнання	5,346	6,146
1.5	Матеріали допоміжні	14,695	17,105
1.6	Амортизація універсального обладнання	49,513	154,467
1.7	Експлуатація приміщень	5,318	4,035
	Всього змінних витрат	1100,371	1142,739
2.	<u>Постійні витрати P</u>		
2.1	Налагодження обладнання	10713,88	6408,95
2.2	Створення програмного забезпечення	5782,94	9638,24
	Всього постійних витрат	16496,82	16047,19
	Технологічна собівартість річного випуску деталей C_{tex}	8269279	8586590

Технологічна собівартість:

$$C_{tex, баз} = 1100,371 \cdot 7500 + 16496,82 = 8269279 \text{ грн.}$$

$$C_{tex, np} = 1142,739 \cdot 7500 + 16047,19 = 8586590 \text{ грн.}$$

За критерієм мінімуму технологічної собівартості більш ефективним для заданої програми запуску деталей «картер» $N_3=7500$ шт. є базовий 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 $C_{тех.баз}=C_{тех.пр}$:

$$N_{кр} = \frac{P_{пр} - P_{баз}}{V_{баз} - V_{пр}} = \frac{16047,19 - 16496,82}{1100,371 - 1142,739} = 11 \text{ шт.}, \quad (6.15)$$

Технологічна собівартість при критичному обсязі виробництва складе:

грн.

Розраховане значення $N_{кр}$ означає, що до критичної програми більш ефективним є проєктний техпроцес виробництва деталі «картер», а при програмі випуску, яка перевищує $N_{кр}$ – ефективнішим з економічної точки зору буде базовий варіант технологічного процесу механічної обробки даної деталі. Графік розмежування області ефективного застосування варіантів техпроцесу механічної обробки деталі «шестерня ведуча» зображено на рис. 6.1.

Проте слід зазначити, що в розрахунках технологічної собівартості, зокрема амортизації обладнання в проєктному варіанті було узято оптову ціну нового верстата HS4000, а в базовому варіанті – середні ціни верстатів, які були у використанні, оскільки їхні нові зразки наразі не випускаються. Придбання підприємством на вторинному ринку такого фізично та морально зношеного обладнання мало б свої негативні наслідки, а саме: збільшення витрат на його утримання і ремонт, зростання браку виготовлюваної продукції, необхідність їх скорішої заміни через неможливість подальшої експлуатації таке інше. Відповідні втрати нами не були враховані у даному розрахунку.

Тож впровадження проєктного варіанту техпроцесу було б правильним рішенням для підприємства.

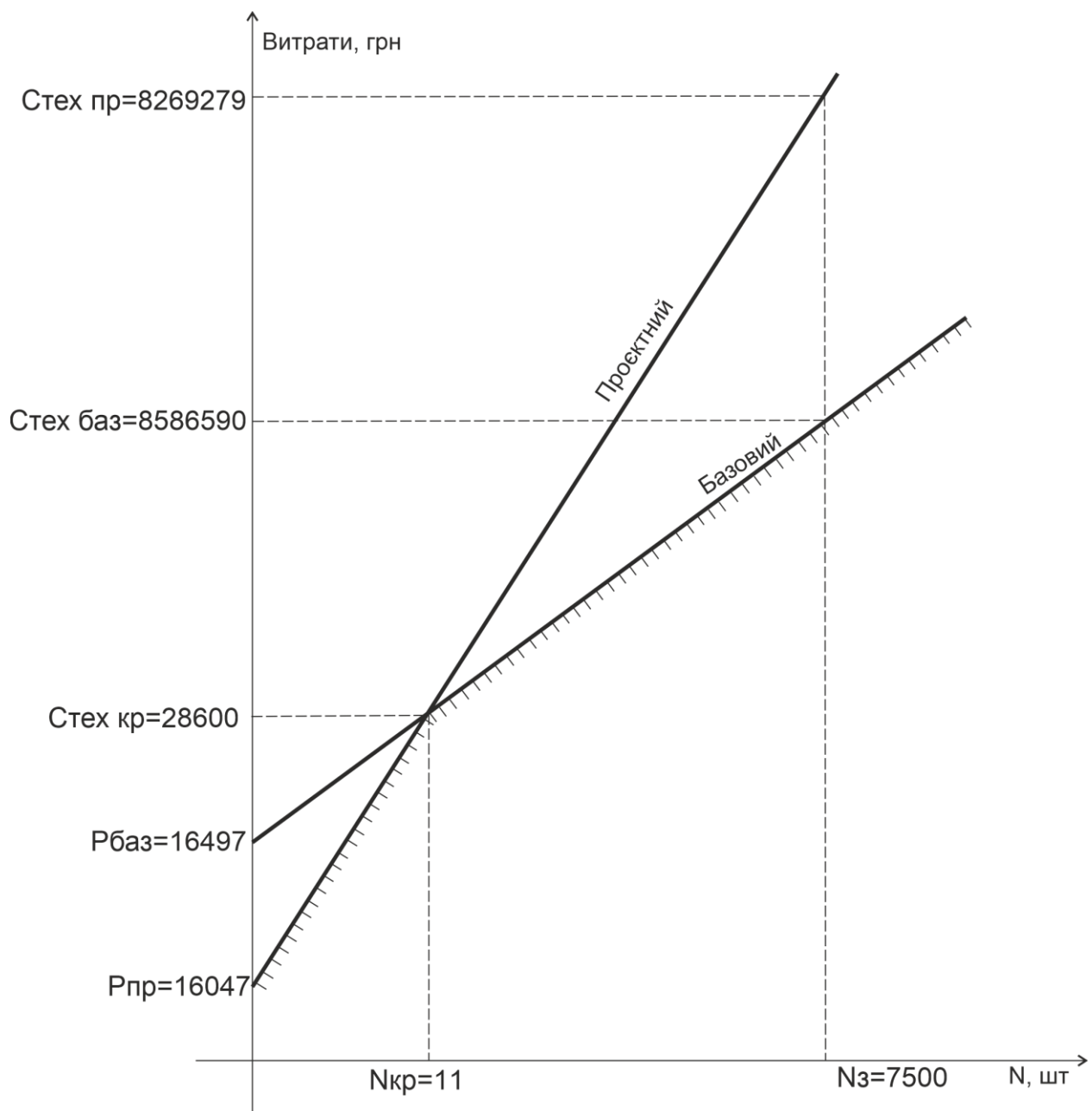


Рис. 6.1 – Графік розмежування області ефективного розмежування варіантів техпроцесу механічної обробки деталі

6.2. Розрахунок планової цехової собівартості деталі

Цехова собівартість виготовлення деталі визначається як сума калькуляційних статей витрат:

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

де M_o - вартість основних матеріалів (розраховано у розд. 6.1), 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.

Заробітна плата основна й додаткова виробничих робітників:

$$Z_{од} = P_{\epsilon} (1 + K_{\delta}), \quad (6.21)$$

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

$$P_{\epsilon} = \sum_1^m P_{on_i} = \sum_1^m \frac{e_{\epsilon_{одi}}^{\epsilon} \cdot t_{ум-к_i}}{60}, \quad (6.22)$$

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

$t_{ум-к_i}$ - штучно-калькуляційний час i -ої операції технологічного процесу, хв.:

На першій операції техпроцесу:

$$P_{on_1} = 70,180 \cdot \frac{22,69}{60} = 26,540 \text{ грн./шт.}$$

Розрахунок відрядної розцінки на деталь зведемо до табл. 6.1.

Таблиця 6.1

Розрахунок відрядної розцінки на деталь

№ оп.	Найменування операції	$t_{ум-к}$, хв.	Розряд	Годинна тарифна ставка, грн./год.	Розцінка на деталь, грн.
005	Комплексна з ЧПУ	22,69	3	70,18	26,540
010	Комплексна з ЧПУ	15,61	3	70,18	18,258
015	Комплексна з ЧПУ	4,45	3	70,18	5,205
020	Комплексна з ЧПУ	2,74	3	70,18	3,205
025	Відділково-розточна	9,44	3	70,18	11,042
030	Відділково-розточна	1,73	3	70,18	2,024
035	Свердлильна з ЧПУ	2,02	3	70,18	2,363
040	Всього	58,68	-	-	68,636

$$Z_{od} = 68,636 \cdot (1 + 0,1) = 75,500 \text{ грн.}$$

Відрахування на соціальні потреби виробничих робітників:

$$B_c = 75,500 \cdot \frac{22}{100} = 16,610 \text{ грн.}, \quad (6.23)$$

де K_c - відсоток єдиного соціального внеску.

Витрати на експлуатацію спеціального оснащення, що припадають на одну деталь, складають 22-25 грн. на одну нормо-годину трудомісткості виготовлення деталі (менше значення відповідає ДС, більше – ВС).

$$B_{осн} = 23 \cdot \frac{58,243}{60} = 22,326 \text{ грн.}$$

Витрати на утримання і експлуатацію обладнання:

$$B_o = 68,636 \cdot \frac{320}{100} = 219,635 \text{ грн.}, \quad (6.24)$$

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

Z_o - основна заробітна плата за виготовлення деталі, грн.

Загальноцехові витрати в собівартості деталі:

$$B_{ц} = 68,636 \cdot \frac{280}{100} = 192,181 \text{ грн.}, \quad (6.25)$$

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

Калькуляцію цехової собівартості деталі слід звести до табл. 6.2.

Калькуляція цехової собівартості виготовлення деталі

№ з/п	Найменування статей	Витрати, грн.
1.	Матеріали основні з відрахуванням зворотних відходів	869,610
2.	Основна заробітна плата виробничих робітників	68,636
3.	Додаткова заробітна плата виробничих робітників	6,864
4.	Відрахування у соціальні фонди	16,610
5.	Експлуатація спеціального оснащення	22,326
6.	Витрати на утримання і експлуатацію обладнання	219,636
7.	Цехові витрати	192,181
8.	Всього цехова собівартість $C_{ц}$	1395,863

6.3. Планування підсумкових техніко-економічних показників

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

- *зниження трудомісткості* виготовлення деталі при впровадженні проектного варіанту техпроцесу (у відсотках):

$$\Delta T_p = \frac{\sum_{i=1}^m t_{um(i)}^{баз}}{\sum_{i=1}^m t_{um(i)}^{np}} \cdot 100 - 100 = \frac{66,9}{49,24} \cdot 100 - 100 = 35,9\%, \quad (6.26)$$

- *виріток продукції на одного робітника*:

$$B_n = \frac{T_p}{R_o} = \frac{27957}{15} = 1864 \text{ нормо-год./ос.}, \quad (6.27)$$

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

R_o – чисельність основних робітників цеху, осіб;

- *зарплатомісткість продукції*:

$$Z_{zn} = \frac{Z_{од}}{C_{ц}} \cdot 100 = \frac{75,500}{1395,863} \cdot 100 = 5,4\%, \quad (6.28)$$

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

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

- *матеріаломісткість продукції*:

$$Z_{\text{мт}} = \frac{M_o}{C_{\text{ц}}} \cdot 100 = \frac{869,610}{1395,863} \cdot 100 = 62,3\%, \quad (6.29)$$

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

- собівартість товарної продукції цеху:

$$C_{\text{мт}} = 1395,863 \cdot 7500 \cdot 3,2 = 33500712 \text{ грн.} \quad (6.30)$$

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

Підсумкові техніко-економічні показники роботи цеху зведемо до табл. 6.3.

Таблиця 6.3

Техніко-економічні показники цеху

№ з/П	Показник	Одиниця виміру	Величина
1.	Програма запуску деталі (N_3)	шт./рік	7500
2.	Трудомісткість виробничої програми (T_p)	нормо-год.	27957
3.	Цехова собівартість деталі	грн.	1395,86
4.	Собівартість товарної продукції цеху ($C_{\text{мт}}$)	грн./рік	33500712
5.	Чисельність основних робітників	осіб	15
6.	Виробіток продукції на одного робітника	нормо-год.	1864
7.	Матеріаломісткість продукції	%	62,3
8.	Зарплатомісткість продукції	%	5,4
9.	Зниження трудомісткості виготовлення деталі при впровадженні проектного варіанту техпроцесу ΔT_p	%	30,7

ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ

В кваліфікаційній роботі на тему: «Гнучка технологія обробки картера з дослідженням процесу алмазного хонінгування отворів великого діаметру» виконаний аналіз діючого на базовому підприємстві технологічного процесу, на основі чого запропоновані зміни.

З метою підвищення гнучкості технологічного процесу та зменшення собівартості обробки деталі в розробленому технологічному процесі механічної обробки деталі картер УЯИШ.731158.003 запропоновано замінити фрезерні верстати ГФ2171С5 та обробний центр ІР-500ПМФ4 на обробні центри з ЧПУ WIA HS4000 фірми HYUNDAI.

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 кваліфікаційні роботі розраховано та розроблено конструкції, контрольного пристрою, різального інструменту.

Одним із важливих показників процесу хонінгування отворів є процес формоутворення сітки слідів. В роботі представлено порівняння стандартних алмазно-абразивних брусків на жорсткій основі з еластичними алмазно-абразивними брусками. Застосування еластичних алмазних брусків дає можливість їхнього розташування під різними кутами відносно геометричної осі оброблюваного отвору, що дає можливість визначити оптимальне положення обумовлених брусків для отримання необхідної сітки слідів з забезпеченням оптимальних показників продуктивності.

Наукова новизна роботи. Проведено дослідження впливу використання еластичних алмазних брусків в процесі обробки отворів великих діаметрів.

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

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 «ХПІ». Серія: Технології машинобудування. – Харків: НТУ «ХПІ», 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. Центральнуукраїнський 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.