

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

«Допущено до захисту»
Завідувач кафедри ММР
к.т.н., доцент

_____ Андрій ГРЕЧКА
« _____ » _____ 20____ р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти

на тему:

**«Розробка технологічного процесу механічної обробки
блока циліндрів НП90-01.201
Development of the technological process of mechanical
processing of the cylinder block NP90-01.201»**

Виконав здобувач вищої освіти 3ск
курсу групи ПМ(ТМ)-21-3СК
ОПП «Комп'ютерний інжиніринг
технологій, робототехніка і 3D-друк»
спеціальності 131 «Прикладна механіка»

_____ Владислав ЛАГОДА

Керівник роботи к.т.н., доцент

_____ Олександр СКІБІНСЬКИЙ

Рецензент: д.т.н., професор

_____ Ігор ШЕПЕЛЕНКО

Кропивницький – 2024

Центральноукраїнський національний технічний університет	
Факультет	<u>Механіко-технологічний</u>
Кафедра	<u>Машинобудування, мехатроніки і робототехніки</u>
Рівень вищої освіти	<u>перший (бакалаврський)</u>
Галузь знань	<u>13 Механічна інженерія</u>
Спеціальність	<u>131 Прикладна механіка</u>
Освітньо-професійна програма	<u>Комп'ютерний інжиніринг технологій, робототехніка і 3D-друк</u>

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ММР
_____ Андрій ГРЕЧКА

« ____ » _____ 2024 р.

**ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ
ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ
Владислава ЛАГОДИ**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Розробка технологічного процесу механічної обробки блока
циліндрів НП90-01.201

2. Керівник роботи: _____ к.т.н., доц., Олександр Скібінський

3. Строк подання роботи до захисту « ____ » _____ 2024 р.

4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи:

Метою роботи є: розробка технологічного процесу механічної обробки деталі блок циліндрів на основі базового технологічного процесу шляхом його раціоналізації.

Завдання:

- виконати аналіз точності та технологічності деталі;
- виконати аналіз матеріалу деталі та способу виготовлення заготовки;
- проаналізувати базовий технологічний процес виготовлення деталі, виявити його переваги та недоліки, розробити раціоналізований технологічний процес, вибрати металорізальні верстати, затискні, допоміжні та контрольні пристрої, розрахувати припуски, режими різання та норми часу;
- спроектувати заготовку та схеми механічної обробки.

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Загальна частина	Олександр СКІБІНСЬКИЙ		
Технологічна частина	Олександр СКІБІНСЬКИЙ		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Загальна частина	Квітень 2024	вик.
2	Технологічна частина	Квітень 2024	вик.
3	Графічна частина та оформлення	Червень 2024	вик.

Дата видачі завдання « ____ » _____ 2024 р.

Керівник роботи _____ Олександр СКІБІНСЬКИЙ
(підпис)

Завдання прийнято до виконання « ____ » _____ 2024 р.

Здобувач
вищої освіти _____ Владислав ЛАГОДА
(підпис)

Анотація

Владислав ЛАГОДА. Розробка технологічного процесу механічної обробки блока циліндрів НП90-01.201. Кваліфікаційна робота для освітнього ступеня «бакалавр»: спец. 131 Прикладна механіка / наук. кер. О. І. Скібінський; Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. - Кропивницький: ЦНТУ, 2024. 69 с.

Метою роботи є: розробка технологічного процесу механічної обробки деталі блок циліндрів на основі базового технологічного процесу шляхом його раціоналізації.

В роботі виконано: опис вузла та деталі та їх службового призначення, аналіз точності та технологічності; аналіз матеріалу деталі та способу виготовлення заготовки; аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі, визначено його переваги та недоліки, розроблено раціоналізований технологічний процес, вибрано металорізальні верстати, затискні, допоміжні та контрольні пристрої, розраховано припуски, режими різання та норми часу; спроектовано заготовку та схеми механічної обробки.

Актуальність роботи: підвищення продуктивності та зменшення собівартості виготовлення деталі за рахунок удосконалення технологічного процесу автоматизація виробництва шляхом застосування сучасних верстатів з числовим програмним управлінням (ЧПУ).

Практичне значення: розроблено удосконалений технологічний процес виготовлення деталі блок циліндрів.

Ключові слова: технологічний процес, блок циліндрів, верстат з ЧПУ, удосконалення.

Annotation

Vladyslav LAGODA. Development of the technological process of mechanical processing of the cylinder block NP90-01.201. Qualification work for the educational level "Bachelor", specialty 131 Applied mechanics / Scientific supervisor O. I. Skibinskyi: Central Ukrainian national technical university. – Kropyvnytskyi: CUNTU, 2024. 69 p.

The aim of the work is to develop a technological process for the mechanical processing of the cylinder block based on the basic technological process through its rationalization.

The work includes: a description of the assembly and the part and their functional purpose, analysis of accuracy and manufacturability; analysis of the material of the part and the method of obtaining the blank; analysis of the basic technological process of manufacturing the part, identifying its advantages and disadvantages, development of a rationalized technological process, selection of metal-cutting machines, clamping, auxiliary and control devices, calculation of allowances, cutting modes and time standards; design of the blank and mechanical processing schemes.

Relevance of the work: increasing productivity and reducing the cost of manufacturing the part by improving the technological process and automating production through the use of modern CNC machines.

Practical significance: development of an improved technological process for manufacturing the cylinder block part.

Keywords: technological process, cylinder block, CNC machine, improvement.

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

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до кваліфікаційної роботи на тему:**

**«Розробка технологічного процесу механічної обробки блока циліндрів
НП90-01.201.
Development of the technological process of mechanical processing of the
cylinder block NP90-01.201»**

КРБ.ПМ.24.81.100.00.00.00 ПЗ

Виконав здобувач вищої освіти 3ск
курсу групи ПМ(ТМ)-21-3СК
ОПП «Комп'ютерний інжиніринг
технологій, робототехніка і 3D-друк»
спеціальності 131 «Прикладна механіка»

_____ Владислав ЛАГОДА

Керівник роботи к.т.н., доцент

_____ Олександр СКІБІНСЬКИЙ

Зміст

Вступ	8
1 Загальна частина	9
1.1 Характеристика вузла та деталі.....	9
1.1.1 Характеристика деталі блок циліндрів НП 90-01.201.....	12
1.2 Характеристика виробничої програми.....	14
1.3 Визначення типу виробництва.....	14
2 Технологічна частина	17
2.1 Аналіз технологічності та точності деталі.....	17
2.2 Аналіз діючого технологічного процесу.....	21
2.3 Вибір заготовки і способу її виготовлення.....	23
2.4 Вибір методів обробки поверхонь деталі.....	24
2.5 Розробка маршруту виготовлення деталі.....	26
2.6 Вибір технологічних баз.....	29
2.7 Розробка структури технологічних операцій і вибір обладнання для їх здійснення.....	29
2.8 Вибір металорізальних верстатів.....	29
2.9 Вибір затискних пристроїв.....	49
2.10 Вибір ріжучих інструментів.....	51
2.11 Вибір вимірювальних пристроїв та інструментів.....	54
2.12 Визначення припусків та операційних розмірів.....	57
2.13 Визначення режимів різання.....	61
2.14 Технічне нормування операцій.....	64
Висновки	68
Список використаних джерел	69

Вступ

Соціально-економічний розвиток країни неможливий без інтенсифікації виробництва на основі науково-технічного прогресу, впровадження безвідходних технологій та екологічно чистих виробництв. В усіх секторах народного господарства слід активно впроваджувати політику прискореного технічного переозброєння виробництва, створення та випуску машин і обладнання, які покращують умови праці, підвищують продуктивність та економлять матеріальні ресурси.

Сучасні машини, зокрема гідравлічні, широко використовуються в різних галузях. Використання гідравлічних машин дозволяє розширити технологічні можливості обладнання, зменшити вагу агрегатів і покращити умови праці. Особливо ефективними гідравлічні машини є в агрегатах, які застосовуються в сільськогосподарській техніці.

В кваліфікаційній роботі передбачається розробка технологічного процесу механічної обробки деталі гідронасоса із використанням верстатів з ЧПУ, з метою підвищення продуктивності та точності виготовлення, надійності та довговічності роботи аксіально-поршневого гідронасосу НП90 з більш низькою собівартістю.

1 Загальна частина

1.1 Характеристика вузла та деталі

Насос НП90 застосовується в гідроприводах ходової частини сільськогосподарських машин а також дорожньо-будівельній техніці. Насос НП90 входить до складу об'ємного гідроприводу, який складається із регулюемого насосу 1 (рисунок 1.1) високого тиску (вхідна ланка), нерегулюемого гідромотору 2 (вихідна ланка), гідроапаратури керування 3, допоміжних пристроїв 4.

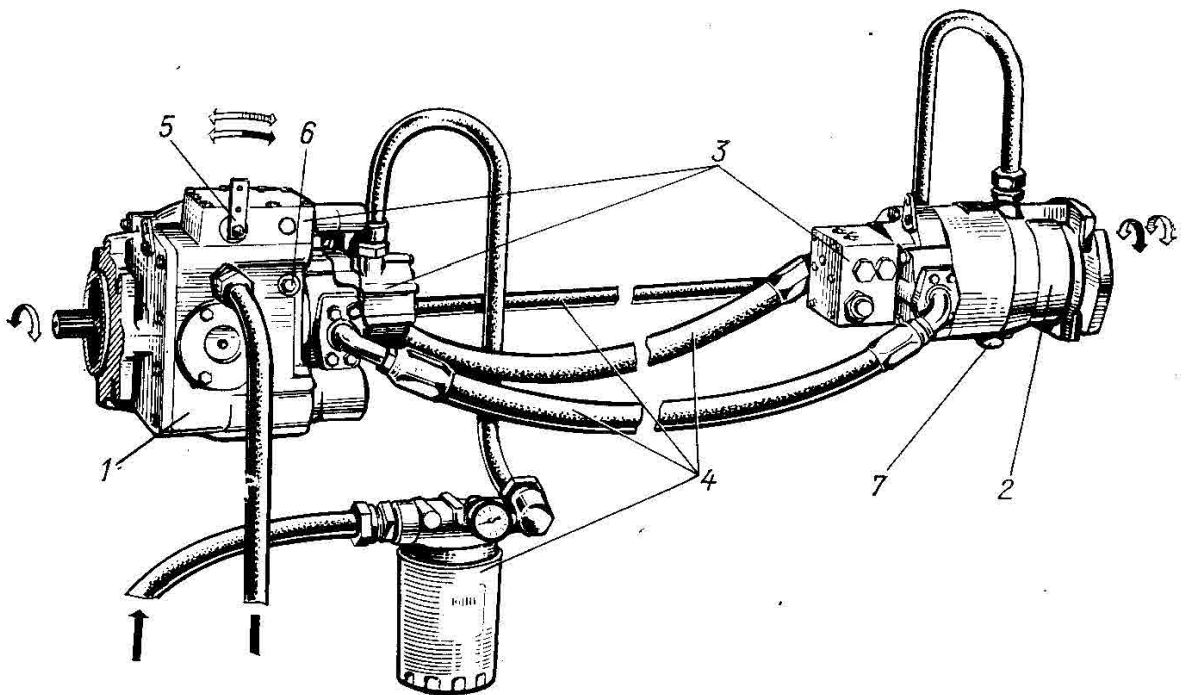


Рисунок 1.1 - Гідропривід об'ємний ГСТ90

Робота гідроприводу заключається в наступному. Двигун приводить у обертання вхідний вал 2 (рисунок 1.2) реверсивного регулюемого насосу 3, з яким зв'язаний блок циліндрів 25 і насос підживлення 8.

Насос підживлення всмоктує робочу рідину із резервуара 14 через фільтр 12 і подає її в магістраль низького тиску 7, а через зворотній клапан 9 в магістраль низького тиску 19, яка зв'язана з всмоктувальною порожниною реверсивного регулюемого насосу і вихідною порожниною нерегулюемого

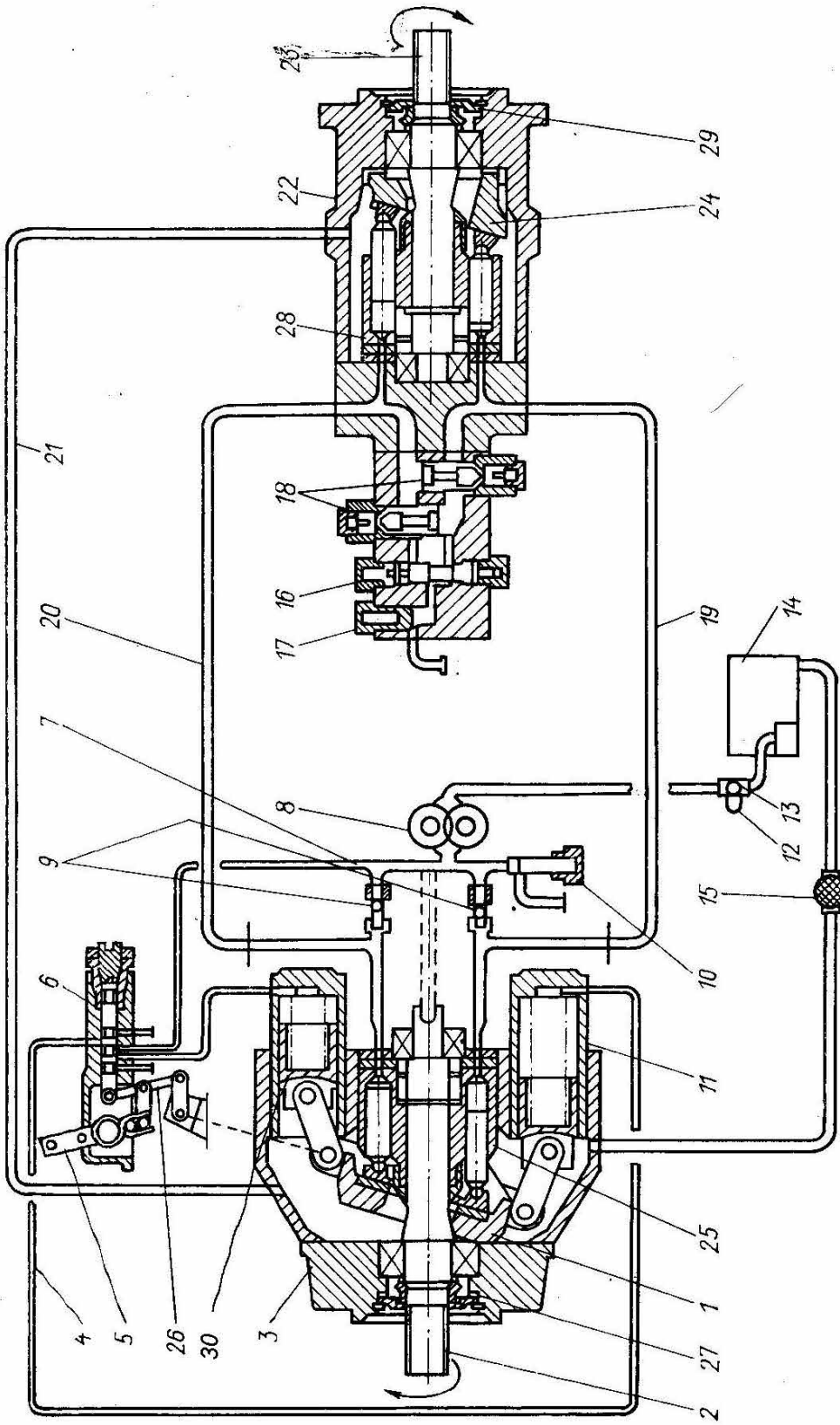
гідромотору 22. У вихідному стані поворотна шайба 1 насосу знаходиться в нульовому положенні (робоча поверхня шайби перпендикулярна вісі обертання валу 2). При переміщенні важеля керування 5 відбувається зміна положення золотника 6, в результаті чого робоча рідина із магістралі 7 поступає в магістраль керування 4, а із неї до гідропідсилювача 11 механізму повороту шайби. Гідропідсилювач складається із сервопоршня 30, сервоциліндра та ущільнень.

Під дією тиску робочої рідини системи керування відбувається переміщення шайби, що і забезпечує збільшення подачі насосу. Блок циліндрів 25 обертається і переміщує по нахиленій шайбі плунжери, які нагнітають робочу рідину в магістраль високого тиску 20. Робоча рідина із магістралі 20, попадаючи в блок циліндрів 28 гідромотору 22, переміщує плунжери по нерухомій нахиленій шайбі 24, приводить у обертання блок циліндрів 28 і вихідний вал 23. По магістралі 19 робоча рідина повертається у всмоктувальну порожнину насосу.

Технічна характеристика насосу НП90 приведена в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Технічна характеристика гідромотора шестеренного ГМШ32-3

Найменування параметру	Норма для типорозміру
Робочий об'єм, см ³	90
Тиск на виході, МПа	
- номінальний	26,5
- максимальний	35,7
Частота обертання, с ⁻¹	
- мінімальна	8,3
- максимальна	43,2
Маса, кг, не більше	78
Номінальна потужність, кВт	78
Подача, л/хв	
- мінімальна	0
- максимальна	126,8



1 - поворотна шайба; вал- 2; 3 - кришка; 4 - магістраль керування; 5 - важіль керування; 6 - золотник; 7 - магістраль; 8 - насос підживлення; 9 - золотник; 10 - бак; 11 - гідропідсилювач; 12 - клапан; 13 - фільтр; 14 - резервуар; 15 - охолоджувач; 16 - клапан; 17 - клапан; 18 - клапан; 19 - магістраль; 20 - магістраль; 21 - магістраль; 22 - блок циліндрів гідромотора; 23 - вихідний вал; 24 - нахилена шайба; 25 - блок циліндрів; 26 - ланка зворотного зв'язку; 27 - ущільнення; 28 - блок циліндрів; 29 - ущільнення; 30 - сервоциліндр

Рисунок 1.2 - Схема гідравлічна об'ємного гідроприводу

1.1.1 Характеристика деталі блок циліндрів НІ 90-01.201

Деталь блок циліндрів (рисунок 1.3) є однією з головних деталей як гідронасосу так і гідромотору ГСТ. Блок циліндрів з'єднаний за допомогою шлиців 7 з вхідним валом гідронасосу від якого він зазнає обертання. В отворах 17 блоку рухаються плунжери, які всмоктують та витісняють робочу рідину через дугоподібні канавки 19. Отвори 15 служать для збирання втраченої робочої рідини в корпусі насоса, яка утворилась в результаті негерметичності системи. Торцева поверхня 20 блоку спряжується з поверхнею розподільника, а торцева поверхня 2, циліндрична 1 та конічна 9 з відповідними поверхнями нахиленої шайби та люльки. Зовнішня циліндрична поверхня 3 спряжується з внутрішньою поверхнею корпусу. Внутрішня циліндрична поверхня 11 призначена для відповідної орієнтації блоку. Для ущільнення вхідного валу насоса і мотору застосовуються торцеві ущільнення розміщені в отворі 14.

Основними поверхнями деталі є: внутрішня циліндрична поверхня 4, шлицьова поверхня 7, торцева поверхня 20 та внутрішня циліндрична 11, які визначають положення деталі у виробі.

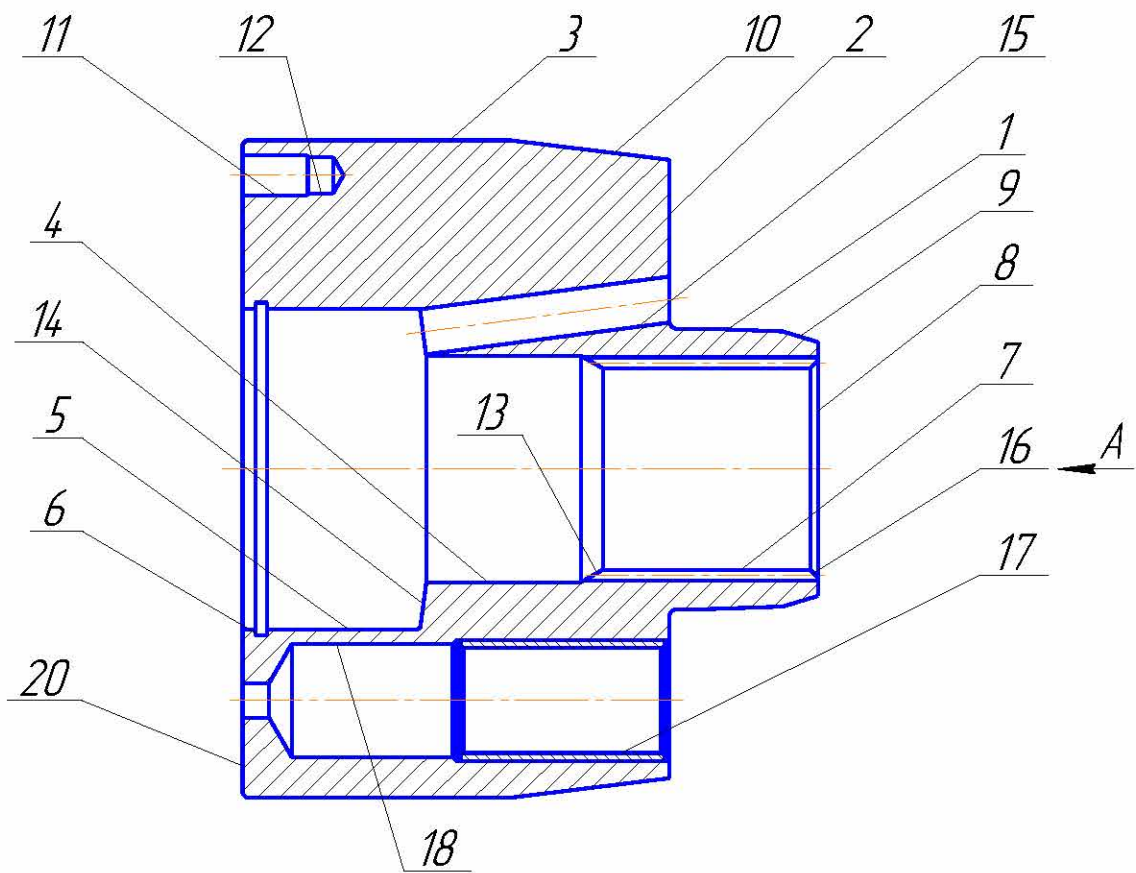
Допоміжними поверхнями є внутрішні циліндричні поверхні 17, торцеві поверхні 8, 2, внутрішня циліндрична поверхня 5, канавка 6, так як вони визначають положення інших деталей у виробі.

Функціональною є внутрішні циліндричні поверхні 17.

Всі інші поверхні є вільними і служать для конструктивного оформлення виробу та для зручності його складання.

Конструкторськими базами є геометрична вісь деталі та торцеві поверхні 20, 8.

Аналіз технічних вимог показує, що блок циліндрів необхідно загартувати HRC35...40, на поверхнях деталей тріщини, пористість та інші дефекти не допускаються. При запресовці втулки в отвори її необхідно зорієнтувати радіальною канавкою до дна обробленого отвору. Надійність запресування перевіряти навантаженням втулки 21370,7 Н.



Вид А

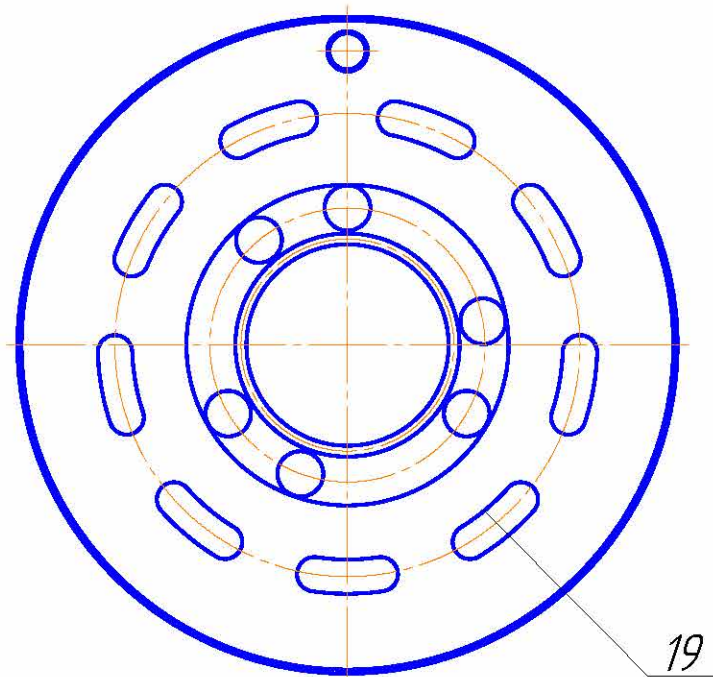


Рисунок 1.3 - Спрощений ескіз деталі блок циліндрів

1.2 Характеристика виробничої програми

Характер, структура та зміст технологічного процесу залежать від прийнятих організаційних форм роботи проектованого цеху, які зумовлюються величиною виробничої програми та змістом робіт, що виконуються на робочих місцях.

Дані про виробничу програму наведені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 - Подетальна річна програма цеху

Назва виробу, кількість у виробі	Маса одного виробу, кг	Річна програма випуску	
		штук	тон
Блок циліндрів, 1 шт. в насосі	5,201	8000	41,608

1.3 Визначення типу виробництва

Тип виробництва визначаємо згідно із значенням коефіцієнта закріплення операції $K_{з.о}$, який визначається за формулою:

$$K_{з.о} = \frac{Q}{P}$$

де: Q - кількість різних детале-операцій, що виконуються на дільниці протягом місяця.

P - кількість робочих місць (верстатів) на дільниці, які забезпечують виконання детале-операцій.

Коефіцієнт закріплення операцій $K_{з.о}$ показує відношення усіх різних технологічних операцій, які виконуються в підрозділах за місяць до кількості робочих місць.

Використовуючи вказані в таблиці дані базового технологічного процесу обробки деталі, за допомогою ПК та відповідного програмного забезпечення

визначаємо тип виробництва, що дає можливість скоротити об'єм і час розрахунків. Результати визначення типу виробництва для деталі приведено нижче.

Як показують розрахунки, тип виробництва виготовлення деталі - середньосерійний.

Середньосерійне виробництво характеризується виготовленням партії виробів з періодичним повторюванням. При даному виробництві застосовують універсальне і спеціальне обладнання, використовуються верстати, які мають можливість швидкого переналагодження. Різальний інструмент – універсальний і спеціальний. Затискні пристрої – спеціальні різної складності. Вимірювальні пристрої – калібри, універсальний та спеціальний вимірювальний інструмент. Використовуються робітники різної кваліфікації.

Розрахунок типу виробництва

Блок циліндрів НП90-01.200

Вихідні дані
Програма випуску 8000

Номер операції	Дійсний річний фонд часу роботи обладнання	Штучний час
5	4015	3.1000
10	4015	3.3600
15	3890	3.1700
20	3890	3.1700
25	3890	1.8600
30	3890	3.8900
35	3890	3.8700
40	3890	5.9200
45	3890	24.9300
50	4015	3.5600
55	4015	2.9900
60	4015	3.4000
65	4015	1.5500
70	4015	3.7000
75	4015	1.6800
80	3890	6.8000
85	4015	2.5000
90	4015	1.8700
95	4015	1.1200

Результати розрахунку

Номер операції	Розрахункова кількість верстатів	Прийнята кількість верстатів	Кількість операцій на даному верстаті
5	0.1287	1	6.22
10	0.1395	1	5.74
15	0.1358	1	5.89
20	0.1358	1	5.89
25	0.0797	1	10.04
30	0.1667	1	4.80
35	0.1658	1	4.82
40	0.2536	1	3.15
45	1.0681	2	1.50
50	0.1478	1	5.41
55	0.1241	1	6.45
60	0.1411	1	5.67
65	0.0643	1	12.43
70	0.1536	1	5.21
75	0.0697	1	11.47
80	0.2913	1	2.75
85	0.1038	1	7.71
90	0.0776	1	10.31
95	0.0465	1	17.21

Коефіцієнт закріплення операцій 6.632849

Тип виробництва - середньосерійний

2 Технологічна частина

2.1 Аналіз технологічності та точності деталі

Деталь блок циліндрів виготовлена з легованої сталі 40ХМФА і після обробки лезовим інструментом підлягає термообробці – загартуванню 35...40HRC. В якості заготовки використовується поковка. Матеріал відноситься до третьої групи матеріалів, який має задовільну оброблюваність, можливість отримання необхідної шорсткості – легко або без особливих затруднень.

Усі оброблювані поверхні деталі легкодоступні для обробки стандартними ріжучими інструментами, але деякі із них мають високі вимоги щодо точності та якості обумовлені службовим призначенням деталі, тому обробка, наприклад торцевої поверхні 20 (рисунок 1.3), приводить до підвищення працездатності та вартості, що знижує технологічність деталі. Деталь є достатньо точною.

Зважаючи на призначення, деталь має оптимальну форму. Конструкція деталі забезпечує її обробку з найменшою кількістю установів. Деталь має внутрішні циліндричні 15 поверхні розташовані під кутом до вісі деталі.

Заготовка деталі немає різких коливань припусків на обробку.

Аналіз технічних вимог показав, що блок циліндрів підлягає перед механічною обробкою відпалу, після основної лезової обробки – загартуванню 35...40HR, що відповідає умовам експлуатації. Остаточна намагніченість не допускається.

Допускається розмір отвору для запресування втулок виконувати наступним:

1. $23,94 \left(\begin{matrix} \square \\ -0,09 \end{matrix} \right)^{-0,17}$ мм

2. $24,03 \left(\begin{matrix} \square \\ -0,09 \end{matrix} \right)^{-0,17}$ мм

3. $24,12 \left(\begin{matrix} \square \\ -0,09 \end{matrix} \right)^{-0,17}$ мм

При цьому втулки, які запресовуються повинні бути виготовлені з розмірами:

1. 23,94($\pm 0,012$) мм
2. 24,03($\pm 0,012$) мм
3. 24,12($\pm 0,012$) мм

Маркувати номер розміру на блоці та втулці і на міжопераційній тарі.

Відповідно до технічних умов гострі кромки необхідно притушити. На поверхнях деталі тріщини, пористість, не площинності не допускаються.

Технічні вимоги назначені правильно, доцільно, однозначно і коректно, визначені умовами експлуатації.

Точність деталі передбачає ступінь наближення розмірів і геометричних параметрів реальної деталі заданим на кресленні. Аналіз точності деталі здійснюємо з метою виявлення технологічних можливостей забезпечення всіх вимог робочого креслення деталі, технічних вимог на їх виготовлення. Аналізу підлягають вимоги по точності розмірів, відносних поворотів та форми, а також величина шорсткості поверхонь. З цією метою виконуємо ескіз на деталі з нумерацією поверхонь, які оброблюються, а дані аналізу зводимо в таблицю 2.1, позначення поверхонь представлено на рисунку 1.3.

Таблиця 2.1 - Параметри точності деталі

Позначення поверхні	Назва поверхні	Розмір з відхиленнями, заданими від даної поверхні	Точність відносних поворотів, відстаней, розміщення поверхні	Точність форми	Шорсткість поверхні, мкм
1	2	3	4	5	6
Блок циліндрів					
1	Фасонна	$\varnothing 55,283 \pm 0,011$ $7,37 \pm 0,24$ $2^{\circ} \pm 30'$		-	Ra0,8
2	Торцева	$83,82 \pm 0,24$	-	-	Rz20
3	Зовнішня циліндрична	$\varnothing 129,54 \pm 0,24$		-	Rz20
4	Внутрішня циліндрична	$\varnothing 44,68 \pm 0,11$		-	Rz20
5	Внутрішня циліндрична	$\varnothing 63,234^{+0,024}$	-	-	Ra1,25
6	Канавка	$\varnothing 65,58 \pm 0,14$ $2,36 \begin{matrix} +0,11 \\ -0,37 \end{matrix}$	-	-	Ra2,5
7	Внутрішня шліцьова	$\varnothing 39,69^{+0,12}$	-	-	Rz20
8	Торцева	$112,93 \begin{matrix} +0,11 \\ -0,24 \end{matrix}$	-	-	Ra2,5
9	Конічна	$\varnothing 50,04 \pm 0,24$ $17^{\circ} \pm 2^{\circ}$	-	-	Rz40
10	Конічна	$\varnothing 121,92 \pm 0,24$ $7^{\circ} \pm 2^{\circ}$	-	-	Rz20
11	Внутрішня циліндрична	$\varnothing 7,951^{+0,024}$		-	Ra1,25
12	Внутрішня циліндрична	$\varnothing 7,14 \begin{matrix} +0,11 \\ -0,37 \end{matrix}$	-	-	Rz40
13	Фаска	$\varnothing 39,69^{+0,12}$ 30°	-	-	Rz40
14	Конічна	$36,1 \pm 0,4$ $7^{\circ} 30'$	-	-	Rz40

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6
15	Внутрішня циліндрична	$\varnothing 9,5 \begin{matrix} +0,16 \\ -0,07 \end{matrix}$	$\oplus R 0,16 \text{ (M) A B}$	-	Ra1,25
16	Фаска	$0,76 \times 45^{\circ}$	-	-	Rz40
17	Внутрішня циліндрична	$\varnothing 20,632^{+0,016}$	$\oplus R 0,11 \text{ (M) A B}$	-	Ra0,8
18	Внутрішня циліндрична	$\varnothing 22,35 \begin{matrix} +0,37 \\ -0,24 \end{matrix}$	$\oplus R 0,11 \text{ (M) A B}$	$\bigcirc 0,024$	Rz6,3
19	Виточка	R42,266 R49,022 $19,81 \begin{matrix} +0,19 \\ -0,11 \end{matrix}$	$\oplus R 0,24 \text{ (M) A}$ $\equiv T 0,39 \text{ A B}$	-	Rz20
20	Торцева	$112,93 \begin{matrix} +0,11 \\ -0,24 \end{matrix}$	-	$\square 0,0011$	Ra0,25

Аналіз точності деталі блок циліндрів показує, що до поверхонь з високими вимогами до точності та шорсткості відносяться: торцева поверхня 20 (рисунк 1.3) ($\square 0,0011$, Ra0,25), внутрішні циліндричні 17($\varnothing 20,632^{+0,016}$, Ra0,8), 18 ($\bigcirc 0,024$, Rz6,3), поверхня 5 ($\varnothing 63,234^{+0,024}$, Ra1,25), поверхня 11 ($\varnothing 7,951^{+0,024}$, Ra1,25), поверхня 15 ($\varnothing 9,5 \begin{matrix} +0,16 \\ -0,07 \end{matrix}$, Ra1,25). Такі вимоги по точності та якості обумовлені службовим призначенням зазначених поверхонь. Наявність вказаних поверхонь значно підвищує собівартість виготовлення деталі.

Аналіз креслення деталі блок циліндрів показує, що креслення мають всі необхідні розміри, вимоги точності, шорсткості. Проте вимоги точності і розміри поверхонь деталей не в усіх випадках надані за нормалізованими рядами.

2.2 Аналіз діючого технологічного процесу

В більшості випадків для механічної обробки деталі використовуються застарілі моделі технологічного обладнання, металообробні автомати та напівавтомати, агрегатні верстати.

Одним з недоліків базового технологічного процесу з технологічної точки зору є те, що вони пристосовані для умов крупносерійного виробництва. Діючий технологічний процес та використовувані моделі верстатів не забезпечують необхідну гнучкість виробництва, що важливо в умовах сучасного ринку. Також завдяки використанню нових конструкцій обробляючих центрів, верстатів з ЧПУ можливо значно скоротити загальну кількість верстатів та іншого технологічного обладнання, а відповідно виробничих площ, витрат електроенергії, чисельності робітників, що в свою чергу дозволить зменшити собівартість виготовлення деталі.

Базовий технологічний процес на виготовлення деталі блок циліндрів наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Базовий технологічний процес обробки деталі

Номер і назва операції	Назва і модель верстату	Штучний час t шт., хв.
1	2	3
005 Токарно-револьверна	Токарно-револьверний AP - 42	3,1
010 Токарно-револьверна	Токарно-револьверний Ap - 42	3,36
015 Токарно напівавтоматна	6-шпіндельний н/авт. 1Б 265П-6К	3,17
016 Токарно напівавтоматна	6-шпіндельний н/авт. 1Б 265П-6К	3,17
020 Агрегатна	Агрегатно-свердлильний 2ХА 374П	1,86
025 Агрегатна	Агрегатний 12 А676	3,89
030 Горизонтально-свердлильна	Станок глибокого свердління «Гільдемайстер і Кноль»	3,87
045 Алмазно-розточна	Відділочно-розточний «Ексцело»	5,92

Продовження таблиці 2.2

1	2	3
055 Спеціально-фрезерна	Спеціально-фрезерний «Буш»	24,93
095 Вертикально-свердлильна	Вертикально-свердлильний 2Н125	3,56
100 Спеціально-токарна	Віддільно-розточний «Ексцело»	2,99
105 Круглошліфувальна	Торцекруглошліфувальний «Шаудт»	3,4
120 Плоскошліфувальна	Плоскошліфувальний «Ельб-Шліф»	1,55
140 Вертикально-протяжна	Вертикально-протяжний « Карл-Клінк»	1,68
150 Алмазно-розточна	Алмазно-розточний «Ексцело»	6,8
155 Плоскошліфувальна	Плоскошліфувальний 3П741	2,5
180 Доводочна	Вертикально-доводочний «Петер Вольтерс»	1,87

Технологічний процес механічної обробки блоку циліндрів, діючий на базовому підприємстві, складається з 17 операцій механічної обробки, на яких задіяне різне за продуктивністю технологічне обладнання.

Базовий технологічний процес обумовлює значну кількість переустановок деталі, що впливає на точність обробки. В даному технологічному процесі знайшов використання принцип диференціації операцій, що властиво для масового типу виробництва, але в умовах середньо-серійного виробництва це не дуже ефективно.

Для обробки деталі в базовому технологічному процесі передбачені такі лезові інструменти: різці, свердла, зенкери, розвертки, протяжка, різальною частиною яких є тврдосплавні матеріали. Для остаточної обробки використовуються шліфувальні круги з різною ступінню зернистості круга. Для встановлення і закріплення деталей використовуються механізовані затискні пристрої.

В цілому технологічний процес забезпечує отримання поставлених вимог до деталі.

Проте, проаналізувавши базовий технологічний процес, пропонується на 020 операції, замість агрегатно-свердлильного верстату 2ХА374 застосувати вертикально-свердлильний верстат з ЧПУ 2Н135Ф2; на 025 операції, замість

агрегатно-свердильного верстату 12А766 застосувати свердильно-фрезерний верстат з ЧПУ Rapimill 700; на операції 055, замість спеціально-фрезерного верстату «Буш» застосувати вертикально-фрезерний верстат з ЧПУ ЛФ250Ф3; на операціях 105 і 120, замість торцешліфувального верстату «Шаудт» і плоскошліфувального «Ельб-Шліф» застосувати торцекруглошліфувальний ХП4-12Н283 і плоскошліфувальний ЗП741 відповідно.

Застосовуємі в проектуємому технологічному процесі верстати мають ширші функціональні властивості та меншу вартість.

Такі зміни дадуть можливість підвищити гнучкість технологічного процесу, скоротити машинний час не втрачаючи точності.

2.3 Вибір заготовки і способу її виготовлення

Матеріалом деталі блок циліндрів є легована сталь 40ХМФА ГОСТ4543-71, застосовується для відповідальних деталей загального призначення.

Хімічний склад і фізико-хімічні властивості матеріалу надано в таблиці 2.3.1 і 2.3.2 відповідно.

Таблиця 2.3.1 - Хімічний склад матеріалу деталі

Марка матеріалу	Вміст елементів, %							
	C	Mn	Si	S,P	Mo	Cu	Cr	V
40ХМФА	0,37- 0,44	0,4- 0,7	0,17- 0,37	0-0,025	0,2-0,3	0- 0,3	0,8-1,1	0,1-0.18

Таблиця 2.3.2 - Механічні властивості матеріалу деталі

Марка матеріалу	σ_B	σ_T	δ_5	ψ	НВ
	МПа		%		
40ХМФА	1030	930	13	50	269

При виборі способу отримання заготовки враховується конструкція деталі, матеріал, а також тип виробництва. Заготовкою деталі блок циліндрів служить поковка. При об'ємній штамповці формоутворення заготовки відбувається в порожнині штампу. Штамповка в закритих штампах відрізняється тим, що невеликий зазор між верхньою та нижньою частинами штампу забезпечує лише їх взаємну рухомість і в процесі деформування металу залишається постійним. Відсутність заусенці в закритих штампах скорочує витрати металу, виключає необхідність у відрізанні заусенці. Але даний метод застосовується порівняно для простих деталей, в основному тіл обертання, і вимагає використання точних заготовок із каліброваного прокату.

2.4 Вибір методів обробки поверхонь деталі

Побудову маршрутів обробки виконуємо з урахуванням закону копіювання похибок з урахуванням типових маршрутів механічної обробки поверхонь і таблиць економічної точності різних методів обробки.

Розрахунок проводимо для внутрішньої циліндричної поверхні 5 (рисунок 1.3) ($\varnothing 63,234^{+0,024}$, Ra1,25) деталі блок циліндрів.

Допуск на деталь становить $\delta_d = 0,024$ мм, шорсткість 1,25 мкм, а допуск на заготовку $\delta_z = 2,9$ мм.

Розраховуємо загальне уточнення:

$$\varepsilon_z = \frac{\delta_z}{\delta_d}$$

де δ_z – допуск на розмір заготовки;

δ_d – допуск на розмір деталі.

$$\varepsilon_z = \frac{2,9}{0,024} = 120,83$$

Вибираємо два маршрути обробки поверхні.

Перший маршрут складається з розсвердлювання, зенкерування та тонкого розточування.

Другий маршрут складається з зенкерування та тонкого розточування.

По кожному проміжному методу обробки з таблиць економічної точності вибираємо допуски на обробку і розраховуємо частинні коефіцієнти уточнень за формулою:

$$\varepsilon_i = \frac{\delta_{i-1}}{\delta_i}$$

де δ_{i-1} , δ_i – допуск на розмір відповідно до попереднього і поточного методу обробки.

Розраховуємо фактичні уточнення за формулою:

$$\varepsilon_3 \leq \varepsilon_\phi = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 \dots \varepsilon_n$$

Із можливих варіантів маршрутів обробки перевагу слід надавати тим варіантам, які при відповідності до нерівності $\varepsilon_3 \leq \varepsilon_\phi = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 \dots \varepsilon_n$ ближче відповідають рівності:

$$\varepsilon_3 = \varepsilon_\phi$$

Економічні допуски на проміжні методи обробки та частинні коефіцієнти уточнення становлять відповідно:

<u>Перший варіант</u>	δ , мм	ε_i
1. Зенкерування чорнове -	0,46;	6,3
2. Зенкерування напівчистове -	0,3;	1,53
3. Чорнове розточування -	0,19;	1,58
4. Напівчистове розточування -	0,074;	2,57
5. Чистове розточування -	0,019;	3,89

Другий варіант

1. Зенкерування чорнове - 0,46; 6,3
2. Зенкерування напівчистове - 0,3; 1,53
3. Чорнове розточування - 0,19; 1,58
4. Шліфування попереднє - 0,062; 3,06
5. Шліфування чистове - 0,016; 3,88

Фактичні уточнення: для першого варіанту $\varepsilon_{\phi 1} = 152,26$; для другого $\varepsilon_{\phi 2} = 180,82$. Для обох варіантів умова $\varepsilon_{\phi} \geq \varepsilon_3$ виконується, але для першого варіанту $\varepsilon_{\phi 1}$ наближається до ε_3 . Приймаємо остаточно перший варіант маршруту обробки.

На всі інші поверхні оптимальні маршрути обробки поверхонь призначено за наведеною методикою і представлено в таблицях структури технологічних операцій.

2.5 Розробка маршруту виготовлення деталі

Розроблений маршрут обробки деталі блок циліндрів наведено в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 Маршрут обробки деталі блок циліндрів

№ оп.	Найменування операції	Зміст операції	Технологічне обладнання
1	2	3	4
001	Транспортна	Транспортувати заготовки в цех т/о	Електрокара ЕВ-701
002	Термообробка	Віджиг	Електропічка шахтна У-105
003	Очисна	Очистити заготовки	Барaban очисний 42213
004	Транспортна	Транспортувати заготовки на дільницю мех. обробки	Електрокара ЕВ-701
005	Токарно-револьверна	Обточити цапфу, підрізати торець, точити зовнішню поверхню.	Токарно-револьверний АР-42

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4
010	Токарна-напівавтоматна	Свердли́ти отвір, точити поверхню, підрізати торець, зенкерувати отвір, обточити поверхню, точити фаску, розточити поверхні, розвернути отвір.	Токарний багатошпиндельний напівавтомат 1Б265П-6К
015	Токарна-напівавтоматна	Свердли́ти отвір, обточити поверхню, підрізати торці, зенкерувати отвір, точити фаску, обточити поверхню цапфи кінцево, обточити поверхню по копіру.	Токарний багатошпиндельний напівавтомат 1Б265П-6К
020	Вертикально-свердлильна з ЧПУ	Свердли́ти отвір, зенкерувати отвір, зенкувати фаску, розвернути отвір.	Вертикально-свердлильний з ЧПУ 2Н125Ф2
025	Свердлильна з ЧПУ	Свердли́ти 9 отворів по чергово, розсвердли́ти.	Свердлильно-фрезерний з ЧПУ Rapimill 700
030	Горизонтально-свердлильна	Свердли́ти 6 нахилених отворів.	Горизонтально-свердлильний «Гільдемайстер і Кноль»
031	Слюсарна	Зачистити заусенці	Верстак слюсарний ГМ1765
032	Обдувочна	Обдути деталі	Установка для обдувки
033	Промивочна	Промити деталі	Машина для миття ГМ752
035	Алмазно-розточувальна	Розточити 9 отворів.	Алмазно-розточувальний «Ексцело»
040	Фрезерна з ЧПУ	Фрезерувати 9 овальних отворів.	Вертикально-фрезерний з ЧПУ ЛФ250Ф3
041	Слюсарна	Зачистити заусенці	Верстак слюсарний ГМ1765
042	Транспортна	Транспортувати заготовки в цех т/о	Електрокара ЕВ-701
043	Термообробка	Закалити деталі і очистити	
044	Транспортна	Транспортувати деталі на дільницю мех. обробки	Електрокара ЕВ-701

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4
045	Вертикально-свердлильна	Розвернути базовий отвір.	Вертикально-свердлильний 2Н125
050	Алмазно-розточувальна	Врізати канавку, розточити центральний отвір, точити фаску.	Алмазно-розточувальний «Ексцело»
055	Торцекруглошліфувальна	Шліфувати торець, цапфу і конічну поверхню.	Торцекруглошліфувальний ХШ4-124283
060	Плоскошліфувальна	Шліфувати торець.	Плоскошліфувальний ЗП741
061	Промивочна	Промити деталі	Машина для миття ГМ752
062	Запресовувальна	Запресувати втулки	Прес гідравлічний «Гехомат»
065	Вертикально-протяжна	Протягнути шліцьовий отвір, витримуючи розміри та допуски зазначені в таблиці.	Вертикально-протяжний «Карл-Клінк»
066	Промивочна	Промити деталі	Машина для миття ГМ752
070	Алмазно-розточувальна	Розточити попередні 9 отворів, розточити кінцево 9 отворів.	Алмазно-розточувальний «Ексцело»
075	Плоскошліфувальна	Шліфувати торець.	Плоскошліфувальний ЗП741
076	Слюсарна	Зачистити заусенці	Верстак слюсарний ГМ1765
077	Промивочна	Промити деталі	Машина для миття ГМ752
078	Розмагнічувальна	Розмагнітити перед доведенням	Установка ГМ3089
080	Доводочна	Довести робочий торець, витримуючи розмір та допуск площинності.	Вертикально-доводочний FL-12 «Петер Вольтерс»
081	Промивочна	Промити деталі	Машина для миття ГМ752
082	Контрольна	Перевірити розміри	Стіл контролера ГМ3112
083	Транспортна	Транспортувати деталі на склад	Електрокара ЕВ-701

2.6 Вибір технологічних баз

Аналіз креслення деталі показує, що для всіх діаметральних розмірів деталі блок циліндрів конструкторською базою є вісь деталі, а для лінійних торцева поверхня 20 (рисунок 1.3). Тому за технологічну базу краще прийняти цю ж вісь, яка є уявною базою, а матеріальною є внутрішні та зовнішні циліндричні поверхні 3, 5. Це дозволить уникнути похибок базування через несуміщення вимірювальної і технологічної баз.

Для підготовки баз – внутрішньої циліндричної поверхні 5 та внутрішньої циліндричної 11 (чистові бази) на 010 операції в якості чорнової бази використовуємо зовнішню циліндричну поверхню 3 та торцеву 2.

Схеми базування по операціях механічної обробки деталі блок циліндрів показані в таблиці 2.6.

2.7 Розробка структури технологічних операцій і вибір обладнання для їх здійснення

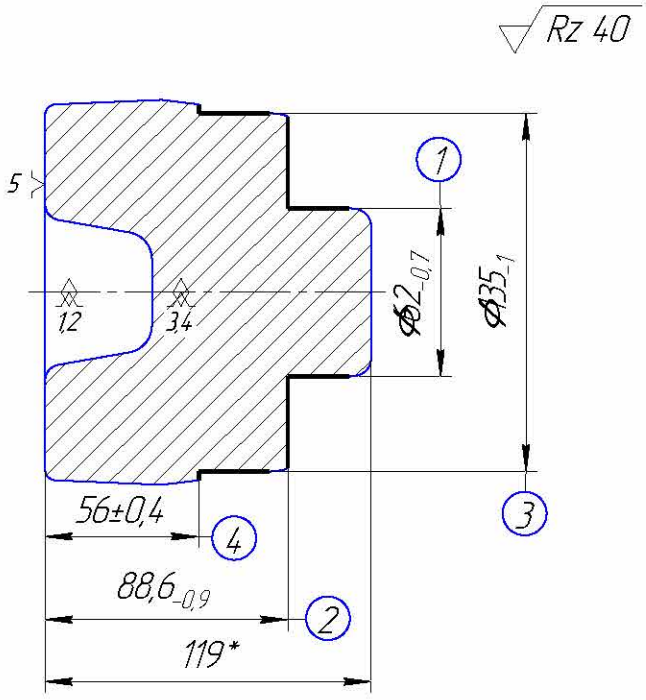
Виходячи з того, що тип виробництва деталі середньосерійний, при розробці технологічного процесу будемо використовувати універсальне і спеціальне обладнання, верстати з ЧПУ, що дає можливість швидко переналагоджувати верстат на обробку партії інших деталей.

Структура та зміст технологічних операцій наведено в таблиці 2.6.

2.8 Вибір металорізальних верстатів

Характеристика вибраного обладнання надана в таблиці 2.7.

Таблиця 2.6 - Структура та зміст технологічних операцій

№ та назва операції	Модель верстату, назва	Операційний ескіз	Зміст операції
1	2	3	4
005 Токарно-револьверна	AP-42 Токарно-револьверний	 <p style="text-align: center;">*Размір для довідок.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити та закріпити заготовку. 2. Обточити цапфу, витримуючи розміри 1,2. 3. Підрізати торець, витримуючи розмір 2. 4. Точити зовнішню поверхню, витримуючи розміри 3,4. 5. Відкріпити та зняти деталь.

Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4
<p>010 Токар- напів- авто- матна</p>	<p>1Б265П- 6К Токарний багато- шпинде- льний напів- автомат</p>		<p>6 позиція. 1. Встановити та закріпити деталь. 1 позиція. 2. Свердлити отвір, витримуючи розміри 1,2. 3. Точити зовнішню поверхню, витримуючи розміри 3,4. 4. Підрізати торець, витримуючи розмір 5. 2 позиція. 5. Зенкерувати отвір, витримуючи розміри 6,7,10. 6. Обточити зовнішню поверхню, витримуючи розміри 8,9. 7. Підрізати торець, витримуючи розмір 11. 3 позиція. 8. Зенкерувати отвір, витримуючи розміри 12-18. 9. Точити фаску, витримуючи розмір 19.</p>

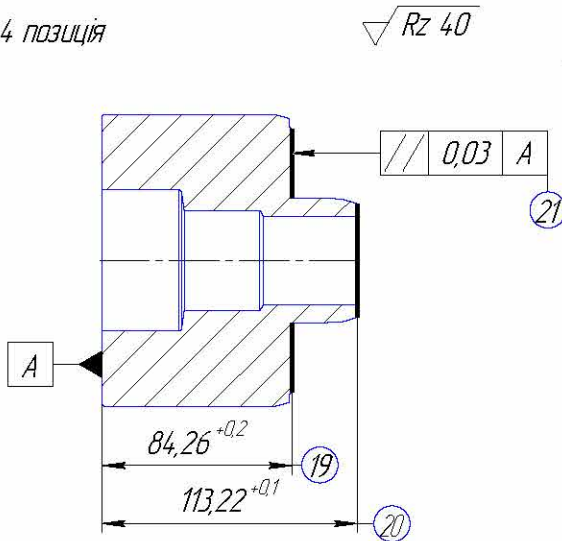
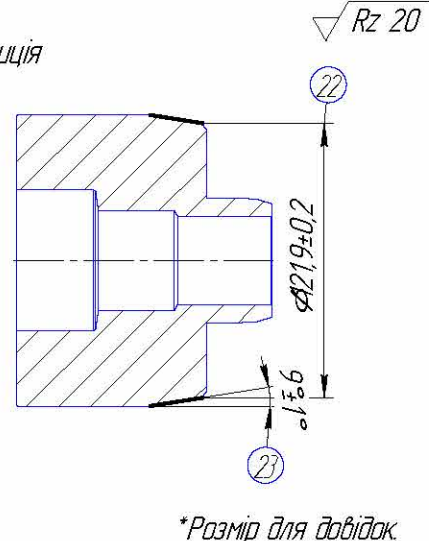
Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4
		<p>4 позиція</p> <p>5 позиція</p> <p>*Розмір для довідок.</p>	<p>4 позиція. 10. Розточити внутрішні поверхні, витримуючи розміри 20-25. 5 позиція. 11. Розвернути отвір, витримуючи розміри 26-28. 6 позиція. 12. Відкріпити та зняти деталь.</p>

Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4
<p>015 Токарна- напівав- томатна</p>	<p>1Б265П- 6К Токарний багато- шпинде- льний напів- автомат</p>		<p>6 позиція. 1. Встановити та закріпити деталь. 1 позиція. 2. Свердли отвір, витримуючи розмір 1. 3. Обточити зовнішню поверхню, витримуючи розмір 2. 4. Підрізати торці, витримуючи розміри 3,4. 2 позиція. 5. Зенкерувати отвір, витримуючи розмір 5. 6. Обточити зовнішню поверхню цапфи попередньо, витримуючи розміри 6. 7. Точити фаску, витримуючи розміри 7-10. 3 позиція. 8. Обточити зовнішню поверхню, витримуючи розмір 11. 9. Точити фаску, витримуючи розмір 12. 10. Обточити зовнішню поверхню цапфи кінцево, витримуючи розміри 13,14.</p>

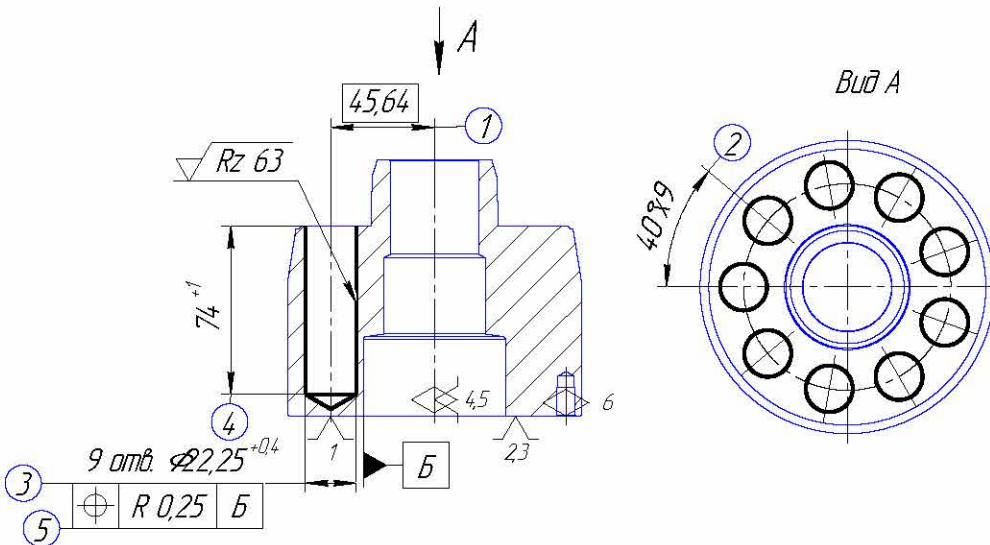
Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4
		<p>4 позиція</p>  <p>5 позиція</p>  <p>*Розмір для довідок</p>	<p>11. Точити фаску, витримуючи розміри 15-18. 4 позиція.</p> <p>12. Підрізати торці, витримуючи розміри 19,20 та допуск 21. 5 позиція.</p> <p>13. Обточити зовнішню поверхню по копіру, витримуючи розміри 22,23. 6 позиція.</p> <p>14. Відкріпити та зняти деталь.</p>

Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4
<p>020 Вертикаль- но- свердлильна з ЧПК</p>	<p>2Н125Ф2 Вертикально- свердлильний з ЧПК</p>		<ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити та закріпити деталь. 2. Свердлити отвір, витримуючи розміри 1,2,3. 3. Свердлити отвір та зняти фаску, витримуючи розміри 4,5,6. 4. Розвернути отвір, витримуючи розміри 7,8. 5. Відкріпити та зняти деталь.

Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4
<p>025 Свердиль- на з ЧПК</p>	<p>Rapimill 700 Свердиль- но- фрезерний з ЧПК</p>	 <p>Technical drawing of a drill bit with dimensions and callouts. The drawing shows a side view and a top view (View A). Dimensions include 45.64, 74, 4.5, 2.3, and 40.9. Callouts 1, 2, 3, 4, and 5 are placed at various points on the drawing. A surface texture symbol Rz 6.3 is shown. A feature control frame at the bottom left contains the text "9 отв. Ø2,25 +0,4", "R 0,25", and "Б".</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити та закріпити деталь. 2. Свердлити 9 отворів Ø12 по чергово, витримуючи розміри 1,2,4 допуск 5. 3. Розсвердлити 9 отворів по чергово, витримуючи розміри 1,2,3,4 та допуск 5. 4. Відкріпити та зняти деталь.

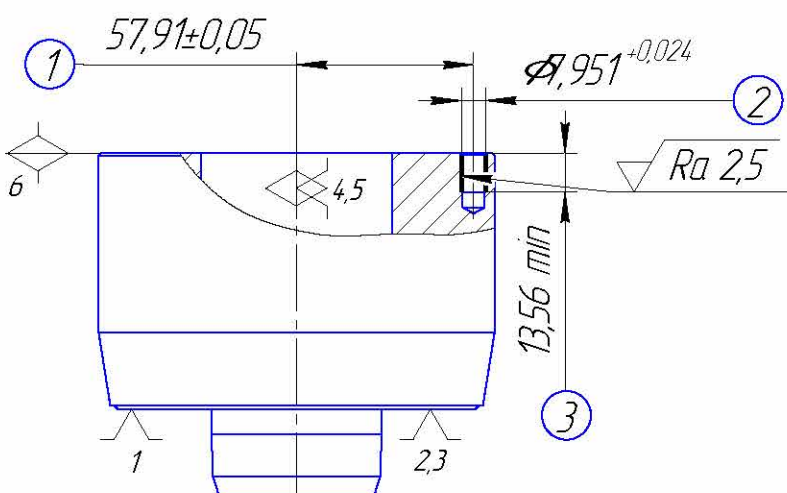
Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4
<p>030 Горизонтально-свердлильна</p>	<p>«Гільдемайстер і Кноль» Горизонтально-свердлильний</p>	<p>6 отв. $\varnothing 5^{+0.16}_{-0.04}$</p> <p>$R 0,1$ A</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити та закріпити деталь. 2. Свердлити шість нахилених отворів, витримуючи розміри 1-4, 6-8 та допуск 5. 3. Відкріпити та зняти деталь.

Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4
<p>040 Фрезерна з ЧПК</p>	<p>ЛФ250Ф3 Вертикально-фрезерний з ЧПК</p>	<p>*Розмір для довідок.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити та закріпити деталь. 2. Фрезерувати дев'ять овальних вікон, витримуючи розміри 1-5 та допуски 6-9. 3. Відкріпити та зняти деталь.

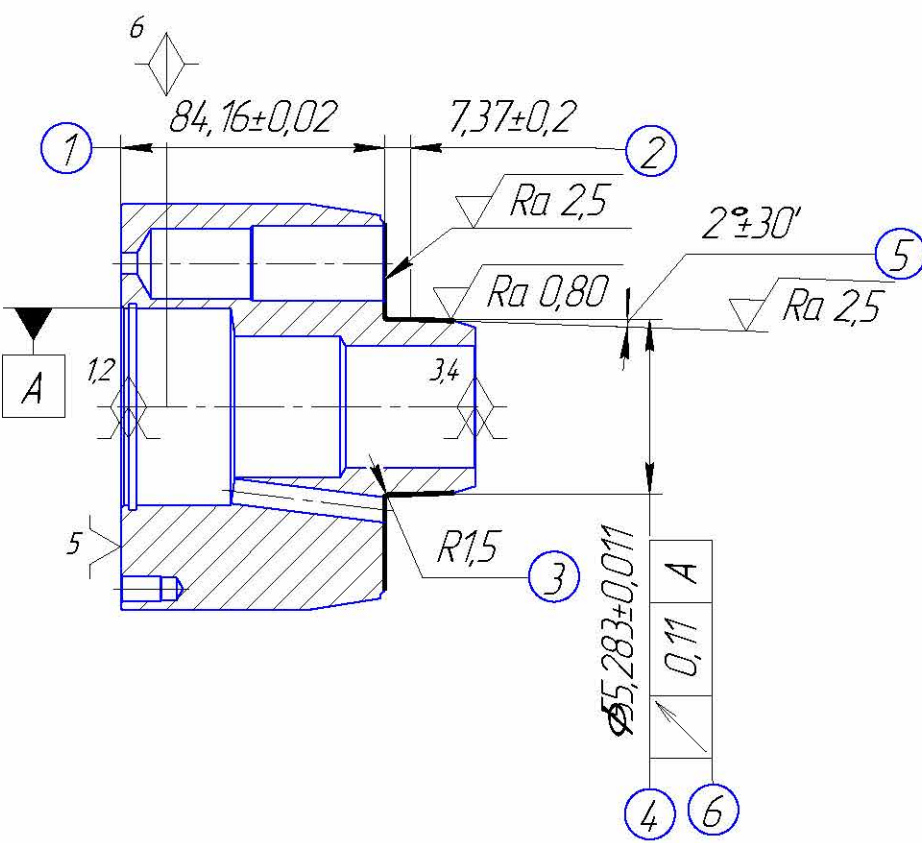
Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4
<p>045 Вертикаль- но- свердлильна</p>	<p>2H125 Вертикально- свердильний</p>		<ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити та закріпити деталь. 2. Розвернути базовий отвір, витримуючи розміри 1,2,3. 3. Відкріпити та зняти деталь.

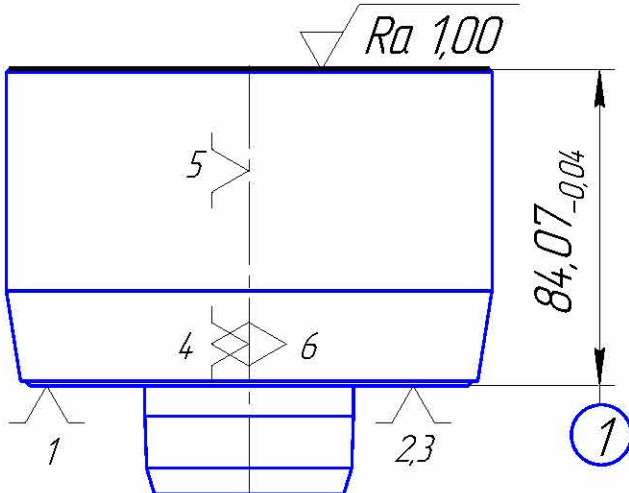
Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4
<p>050 Алмазно-розточувальна</p>	<p>«Ексцелло» Алмазно-розточувальний</p>		<p>Лівий шпиндель. 1. Встановити та закріпити деталь. 2. Врізати канавку, витримуючи розміри 1, 3-5. 3. Розточити центральний отвір, витримуючи розміри 2,7, точити фаску, витримуючи розмір 6. Правий шпиндель. 4. Розточити отвір, витримуючи розмір 9 та допуск 10, точити фаску, витримуючи розмір 8. 5. Відкріпити та зняти деталь.</p>

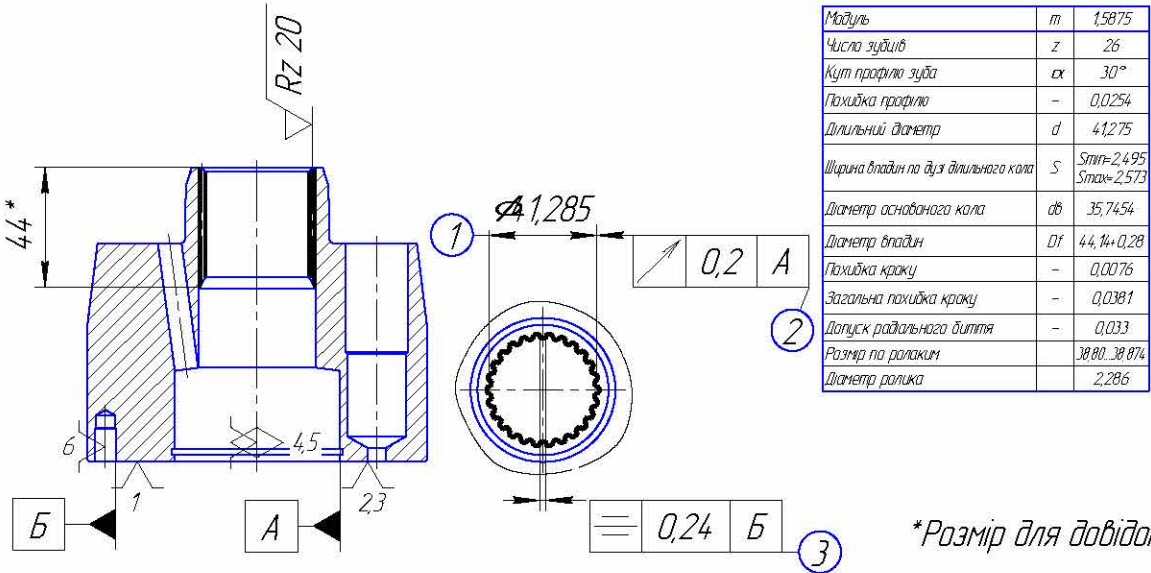
Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4
<p>055 Торце- кругло- шліфувальна</p>	<p>XПЧ4-124283 Торце- круглошлі- фувальний</p>	 <p>The drawing shows a cross-section of a grinding wheel with the following specifications:</p> <ul style="list-style-type: none"> Dimension 1: $84,16 \pm 0,02$ Dimension 2: $7,37 \pm 0,2$ Dimension 3: $R1,5$ Dimension 4: $\varnothing 55,283 \pm 0,011$ Dimension 5: $0,11$ Dimension 6: A Surface finish $Ra 2,5$ is specified for the top and side surfaces. Surface finish $Ra 0,80$ is specified for the chamfered edge. Chamfer angle: $2 \pm 30'$ Internal diameters: 12 and 34. Feature A is indicated on the left side. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити та закріпити деталь. 2. Шліфувати торець, цапфу і конічну поверхню, витримуючи розміри 1-5 та допуск 6. 3. Відкріпити та зняти деталь.

Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4
<p>060 Плоскошліфу- вальна</p>	<p>ЗП741 Плоско шліфу- вальний</p>		<ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити та закріпити деталь. 2. Шліфувати торець, витримуючи розмір 1. 3. Відкріпити та зняти деталь.

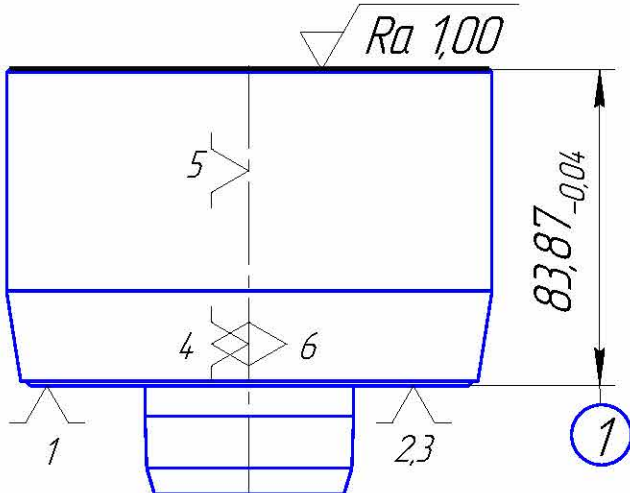
Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4																																							
<p>065 Вертикально-протяжна</p>	<p>«Карл-Клінк» Вертикально-протяжний</p>	 <table border="1" data-bbox="1326 593 1653 981"> <tbody> <tr> <td>Модуль</td> <td><i>m</i></td> <td>1,5875</td> </tr> <tr> <td>Число зубців</td> <td><i>z</i></td> <td>26</td> </tr> <tr> <td>Кут профілю зуба</td> <td><i>α</i></td> <td>30°</td> </tr> <tr> <td>Пахійка профілю</td> <td>-</td> <td>0,0254</td> </tr> <tr> <td>Дільний діаметр</td> <td><i>d</i></td> <td>41,275</td> </tr> <tr> <td>Ширина впадин на ділі дільного кола</td> <td><i>S</i></td> <td><i>S</i>_{min}=2,495 <i>S</i>_{max}=2,573</td> </tr> <tr> <td>Діаметр основного кола</td> <td><i>d</i>_б</td> <td>35,7454</td> </tr> <tr> <td>Діаметр впадин</td> <td><i>D</i>_f</td> <td>44,14±0,28</td> </tr> <tr> <td>Пахійка кроку</td> <td>-</td> <td>0,0076</td> </tr> <tr> <td>Загальна пахійка кроку</td> <td>-</td> <td>0,0381</td> </tr> <tr> <td>Допуск радіального біття</td> <td>-</td> <td>0,033</td> </tr> <tr> <td>Розмір по роліжам</td> <td></td> <td>38,80...38,874</td> </tr> <tr> <td>Діаметр роліка</td> <td></td> <td>2,286</td> </tr> </tbody> </table> <p>*Розмір для довідок.</p>	Модуль	<i>m</i>	1,5875	Число зубців	<i>z</i>	26	Кут профілю зуба	<i>α</i>	30°	Пахійка профілю	-	0,0254	Дільний діаметр	<i>d</i>	41,275	Ширина впадин на ділі дільного кола	<i>S</i>	<i>S</i> _{min} =2,495 <i>S</i> _{max} =2,573	Діаметр основного кола	<i>d</i> _б	35,7454	Діаметр впадин	<i>D</i> _f	44,14±0,28	Пахійка кроку	-	0,0076	Загальна пахійка кроку	-	0,0381	Допуск радіального біття	-	0,033	Розмір по роліжам		38,80...38,874	Діаметр роліка		2,286	<ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити деталь. 2. Протягнути шліцьовий отвір, витримуючи розмір 1, допуски 2,3 та розміри зазначені в таблиці. 3. Зняти деталь.
Модуль	<i>m</i>	1,5875																																								
Число зубців	<i>z</i>	26																																								
Кут профілю зуба	<i>α</i>	30°																																								
Пахійка профілю	-	0,0254																																								
Дільний діаметр	<i>d</i>	41,275																																								
Ширина впадин на ділі дільного кола	<i>S</i>	<i>S</i> _{min} =2,495 <i>S</i> _{max} =2,573																																								
Діаметр основного кола	<i>d</i> _б	35,7454																																								
Діаметр впадин	<i>D</i> _f	44,14±0,28																																								
Пахійка кроку	-	0,0076																																								
Загальна пахійка кроку	-	0,0381																																								
Допуск радіального біття	-	0,033																																								
Розмір по роліжам		38,80...38,874																																								
Діаметр роліка		2,286																																								

Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4
<p>070 Алмазно-розточувальна</p>	<p>«Ексцело» Алмазно-розточувальний</p>	<p>*Розмір для довідок.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити та закріпити деталь. 2. Розточити попередньо дев'ять отворів, витримуючи розміри 1,2. 3. Розточити кінцево дев'ять отворів, витримуючи розміри 1,3 та допуски 4,5. 4. Відкріпити та зняти деталь.

Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4
<p>075 Плоскошлі- фувальна</p>	<p>ЗП741 Плоскошліфу- вальний</p>		<ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити та закріпити деталь. 2. Шліфувати торець, витримуючи розмір 1. 3. Відкріпити та зняти деталь.

Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4
<p>080 Доводочна</p>	<p>FL-12 «Петер Вольтерс» Вертикаль- но- доводочний</p>		<ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити деталі. 2. Довести робочий торець, витримуючи розмір 1 та допуск площинності. 3. Зняти деталі.

Таблиця 2.7 - Металорізальні верстати для обробки деталей

№ операції	Найменування та модель верстату	Стисла технічна характеристика				
		Габаритні розміри робочого столу чи макс. діаметр обробки	Ряд частот обертання (хв ⁻¹)	Ряд подач (мм/об)	Потужність (кВт)	Габаритні розміри верстату (м)
1	2	3	4	5	6	7
005	Токарно-револьверний AP-42	Ø320	80-3150	0,04-05	5,3	4,015x1x1,5
010	Токарний багатшпиндельний напівавтомат 1Б265П-6К	Ø160	78-1160	2,5макс.	30	4,675x1,69x2,17
015	Токарний багатшпиндельний напівавтомат 1Б265П-6К	Ø160	78-1160	2,5макс.	30	4,675x1,69x2,17
020	Вертикально-свердлильний з ЧПУ 2Н125Ф2	400x450	45-2000	0,1-1,6	2,2	0,915x0,785x2,35
025	Свердлильно-фрезерний з ЧПУ Rapimill700	300x770	10000	4000	4,7	1,57x2,135x2,175
030	Горизонтально-свердлильний «Гільдмайстер і Кноль»	400x710	20-2000	0,005-5	5,5	2,685x1,028x3,39
035	Алмазно-розточувальний «Екссело»	320x500	1250, 200, 3150, 5000	0,02-0,6	5,5	2x1,22x1,45
040	Вертикально-фрезерний з ЧПУ ЛФ250Ф3	250x1000	80-2500	0,1-48	5,5	4x2x2,22
045	Вертикально-свердлильний 2Н125	400x450	45-2000	0,1-1,6	2,2	0,915x0,785x2,35

Продовження таблиці 2.7

1	2	3	4	5	6	7
050	Алмазно-розточувальний «Ексцело»	320x500	1250, 200, 3150, 5000	0,02-0,6	5,5	2x1,22x1,45
055	Торцекруглошліфувальний ХЩ4-124283	Ø200	50-500/1590	0,02-1,2	15,2	5,4x2,4x2,17
060	Плоскошліфувальний ЗП741	Ø400	15-180/1670	8-30	11	2,35x1,97x2,3
065	Вертикально-протяжний «Карл Клінк»	320x320	-	1,5-11,5м/хв	11	2,875x1,35x3,64
070	Алмазно-розточувальний «Ексцело»	320x500	1250, 200, 3150, 5000	0,02-0,6	5,5	2x1,22x1,45
075	Плоскошліфувальний ЗП741	Ø400	15-180/1670	8-30	11	2,35x1,97x2,3
080	Вертикально-доводочний FL-12 «Петер Вольтерс»	630x1250	1,5-200	0,01-2,8	3,5	2x1,7x1,345

2.9 Вибір затискних пристроїв

У відповідності до вибраної схеми базування вибираємо затискні пристрої для кожної операції механічної обробки. Враховуючи середньосерійний тип виробництва для закріплення вибираємо спеціальні пристрої з механічним, пневматичним і гідравлічним приводом табл. 2.8.

Таблиця 2.8 - Затискні пристрої

Номер операції	Найменування пристрою	Стандарт, код	Вид приводу
1	2	3	4
005	Патрон	7122-4051	пневматичний
010	Патрон кулачковий	4112-4126	пневматичний

Продовження таблиці 2.8

1	2	3	4
015	Патрон	7112-4125	Пневматичний
020	Пристосування затискне	7130-4035	пневматичний
025	Пристосування затискне	7130-4036	механічний
030	Механізм ділительний	M58-01.11	механічний
035	Пристосування затискне	283.044.4-1	гідравлічний
040	Пристосування затискне	7271-4056	пневматичний
045	Пристосування затискне	7130-4035	пневматичний
050	Пристосування затискне	283.002-4-0	гідравлічний
055	Центр обертаючий ся Центр	7162-4040 7032-4127	- -
060	Пристосування затискне	7270-4094	механічний
065	Пристосування затискне	7620-4013	пневматичний
070	Пристосування затискне	7463-4014	гідравлічний
075	Пристосування затискне	7270-4094	механічний
080	Сепаратор	7660-4018	-

2.10 Вибір ріжучих інструментів

Беручи до уваги метод і стадію обробки, тип виробництва, фізико-хімічні властивості матеріалів заготовки та інструменту, його міцність і стійкість, а також характер обробки, обираємо ріжучий інструмент для кожного переходу. Інформацію про обрані інструменти беремо з довідників, стандартів і каталогів.

Характеристики вибраного інструменту наведено в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 - Ріжучий інструмент для механічної обробки деталі

Номер		Найменування інструменту	Стандарт на конструкцію/код інструменту	Різальна частина	
Операції	Переходу			Матеріал	Стандарт на матеріал різальної частини
1	2	3	4	5	6
005	2	різець	2101-4003	T5K10	3882-74
	3	різець	2102-0305	T5K10	3882-74
	4	різець	2101-4003	T5K10	3882-74
010	2	свердло	2301-0135 ГОСТ10903-77	P6M5	19265-73
	3	різець	2105-4003	Пластина- 2008-2061	ТУ48-19- 307-80
	4	різець	2105-4003	Пластина 2008-1854	ТУ48-19- 307-80
	5	зенкер	2323-4114	P6M5	19265-73
	6	різець	2105-4003	Пластина 2008-1854	ТУ48-19- 307-80
	7	різець	2105-4003	Пластина- 2008-2061	ТУ48-19- 307-80
	8	зенкер	2330-4089	P6M5	19265-73
	9	різець	2102-0253	Пластина- 2008-2061	ТУ48-19- 307-80
	10	борштанга	2146-4069	Пластина 2008-1854	ТУ48-19- 307-80

Продовження таблиці 2.9

1	2	3	4	5	6
	11	розвертка	2363-4195	T5K10	3882-74
015	2	свердло	2301-0135 ГОСТ10903-77	P6M5	19265-73
	3	різець	2100-4122	Пластина- 2008-2061	ТУ48-19- 307-80
	4	різець	2100-4122	Пластина- 2008-2061	ТУ48-19- 307-80
	5	зенкер	2320-4169	T5K10	3882-74
	6	різець	2146-4017	Пластина 2210-2008	ТУ48-19- 307-80
	7	різець	2100-4123	Пластина 2210-2008	ТУ48-19- 307-80
	8	різець	2136-4098	Пластина 2008-1854	ТУ48-19- 307-80
	9	зенківка	2353-4047	P6M5	19265-73
	10	різець	2136-4116	Пластина 2210-2008	ТУ48-19- 307-80
	11	різець	2100-4123	Пластина 2210-2061	ТУ48-19- 307-80
	12	різець	2100-4121	Пластина 2210-2008	ТУ48-19- 307-80
	13	різець	2102-4001	Пластина 2210-2008	ТУ48-19- 307-80
	020	2	свердло	SCD070-024-080 AP3 DIN6537	ICM908
3		свердло	DCM077-026-8B- 3,5D	SDM XCGT06	-
4		розвертка	RM-SHR-0780- H7S-CS-C 07 DIN8093	IC07	-
025	2	свердло	DSM170-085-20A-5D	IDP17-IC908	-
	3	свердло	DSM222-110-25A-5D	IDP22,2- IC908	-
030	2	свердло	2305-4049	P6M5	19265-73
035	2	Борштанга Борштанга	6330-4304 6330-4305	Пластина T221	ТУ48-19- 307-80
040	2	фреза	2234-4025	P6M5	
045	2	розвертка	2363-4127	T5K10	3882-74
050	2	Різець канавочний	2126-4155	Пластина 2008-4017	ТУ48-19- 307-80

Продовження таблиці 2.9

1	2	3	4	5	6
	3	державка	2191-4018	Пластина 2008-0421	ТУ48-19- 307-80
	4	державка	2191-4017	Пластина 2008-0421	ТУ48-19- 307-80
055	2	Круг шліфувальний ППІ750х50х305	92А25А25.40 С1-СМ26 К5 50м/с. А ГОСТ2424-83	-	-
060	2	Круг шліфувальний ППІ500х63х203	24А 40ПСМ 7К6 50м/с. кл. А ГОСТ2424-83	-	-
065	2	протяжка	2403-4001	Р6М5	19265-73
070	2	борштанга	6330-4248	Пластина Т221	ТУ48-19- 307-80
	3	борштанга	6330-4249	Алмазна вставка 2142-4107	-
075	2	Круг шліфувальний ППІ500х63х203	24А 40П СМ 7К5 50м/с. кл. А ГОСТ2424-83	-	-
080	2	Доводочна суспензія	-	Доводоч- ний порошок РWS-12 Доводочни й засіб аквазоль 130	-
005	2	зенкер		Р6М5	19265-73
	3	різець		ВК8	3882-74
	4	зенкер		Р6М5	19265-73
	5	різець		ВК8	3882-74
	6	зенкер		Р6М5	19265-73
	7	зенкер		Р6М5	19265-73
	8	різець		ВК8	3882-74
	010	2	різець		ВК8
3		різець		ВК8	3882-74
4		різець		ВК8	3882-74
5		різець		ВК8	3882-74
6		різець		ВК8	3882-74

Продовження таблиці 2.9


1	2	3	4	5	6
	7	різець		ВК8	3882-74
015	2	фреза		P6M5	19265-73
020	2	свердло		P6M5	19265-73
	3	зенкер		P6M5	19265-73
	4	зенківка		P6M5	19265-73
	5	розвертка		ВК8	3882-74
	6	розвертка		ВК8	3882-74
025	2	свердло центрувальне		P6M5	19265-73
	3	свердло		P6M5	19265-73
	4	свердло		P6M5	19265-73
	5	зенківка		P6M5	19265-73
	6	мітчик		P6M5	19265-73
030	2	Круг шліфувальний ПШ500х63х305		-	-

2.11 Вибір вимірювальних пристроїв та інструментів

Вимірювальний інструмент вибираємо з урахуванням середньосерійного типу виробництва, точності вимірювання, розмірів поверхонь, що перевіряються.

Вибрані засоби технічного контролю наведено в таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 - Вимірювальний інструмент і контрольні пристрої

№ операції	Параметр деталі, який контролюється	Найменування вимірювального інструменту	Стандарт/код на конструкцію
1	2	3	4
010	$\varnothing 44,7 \pm 0,1$	Пробка 07378	СТП23.113.01
	 0.1 A	калібр	8344-4090
015	1×45^0	калібр	8371-4001-03
	$17^0 \pm 2^0$	калібр	8371-4130

Продовження таблиці 2.10

1	2	3	4
	R1,5	калібр	8381-4065
	$9^{\circ} \pm 1^{\circ}$	калібр	8371-4131
	$113,22^{+0,1}$	скоба	8150-4448
	$\sqrt{\sqrt{0,03}} A$	пристосування	8532-4036
020	$13,7 \pm 0,1$	глибиномір	8151-4237
	$\varnothing 7,8^{+0,015}$	пробка	8133-4078
	$57,91 \pm 0,5$	калібр	8368-4019
	$\Phi R 0,25 B$	калібр	8534-4151
025	$\varnothing 9,5^{+0,16}_{-0,07}$	Калібр-пробка	8133-0902
035	$\varnothing 23,79_{-0,06}$	пробка	8133-4044
	$\Phi R 0,08 A$	пристосування	8539-4151
	$70,8 \pm 0,3$	пробка	8150-4449
	$\bigcirc 0,024$	Нутромір НИ18-50 кільце	ГОСТ9244-75 8124-4025-01
040	$19,81 \pm 0,11$	калібр	8154-4034
	$\Phi R 0,24 M A$	калібр	8534-4211
045	$\varnothing 7,951^{+0,024}$	калібр	8133-4079
	13,56	глибиномір	8151-4238
050	$\varnothing 65,6 \pm 0,15$	нутромір	8144-4049
	$2,88 \pm 0,2$	калібр	8153-4062
	$2,2^{+0,2}$	калібр	8154-4036
	$\varnothing 63,234^{+0,024}$	Нутромір 50... 100 кільце	ГОСТ9244-75 8124-0305
	$\odot 0,02 A$	калібр	8368-4022
055	$\varnothing 55,283 \pm 0,011$	скоба	8113-0105

Продовження таблиці 2.10

1	2	3	4
	A 0,11 12,5	пристосування	8031-4096
060	84,07 _{-0,04}	калібр	8368-4032
065	Розміри шліців	Калібр-пробка шліцьова	8311-4004
070	Ø20,63 ^{+0,011}	Нутромір НИ18-50 кільце	ГОСТ9244-75 8144-4025
	0,24 M A	калібр	8534-4151
075	83,87 _{-0,04}	калібр	8102-0106
Сервопоршень			
005	Ø12,65 _{-0,04} ^{+0,16}	калібр	8124-7019
	42,42±0,37	калібр	8151-4207
	0,37 B	пристосування	8346-7041
	0,6×45°	калібр	8371-6001
	Ø39,62±0,24	пробка	8133-6003
010	Ø47,75±0,24	скоба	8113-4112
	0,37 B	пристосування	8345-4005
015	Ø52,45±0,37	пристосування	8353-7042
	B 0,24 12,5	пристосування	8353-4037
	Ø15,812 ^{+0,024}	пробка	8133-0904
	66,68±0,11	пристосування	8706-7021
	0,6×45°	калібр	8350-7046
	B 0,15 12,5	пристосування	8350-7046
	B 0,08 12,5	пристосування	8350-4047
	B 0,24 12,5	пристосування	8338-7045
	M8-7H	пробка	8221-4017

Продовження таблиці 2.10

1	2	3	4
		калібр	8346-4004
030	$\varnothing 49,154$ 	Скоба CP50	ГОСТ11098-75
	Ra0,8	Профілометр системи «М»	ГОСТ19300-86

Для контролю розмірів не зазначених в таблиці застосовувати штангенциркуль електронного типу, наприклад GT1 фірми «Мітцутойо», а для контролю шорсткості застосовувати профілометр системи «М» ГОСТ14300-86.

2.12 Визначення припусків та операційних розмірів

Припуски розраховуємо аналітичним методом на поверхню 5 (рисунок 1.3) $\varnothing 63,234^{+0,024}$ блоку циліндрів.

Маршрут обробки поверхні:

1. Зенкерування чорнове;
2. Зенкерування напівчистове;
3. Чорнове розточування;
4. Напівчистове розточування;
5. Чистове розточування;

Мінімальний припуск при послідовній обробці поверхні визначаємо за формулою:

$$2z_i \left[(Rz + T)_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right]_{min}$$

де Rz_{i-1} - висота нерівностей профілю на попередньому переході; T_{i-1} - глибина дефектного шару на попередньому переході; ρ_{i-1} - сумарне відхилення просторових відхилень (відхилення від паралельності, перпендикулярності, точності, симетричності, перетину осей, позиційне) в деяких випадках

відхилення форми на попередньому переході; ε_i - похибка встановлення заготовки на виконуваному переході.

Визначаємо сумарне відхилення:

$$\rho = \sqrt{C_0^2 + (\Delta_y l)^2}$$

де C_0 - зміщення вісі отвору (20 мкм);

l - довжина отвору (34,5 мм);

Δ_y - величина уводу інструмента (1,3 мкм/мм).

Тоді:

$$\rho = \sqrt{20^2 + (1,3 \cdot 34,5)^2} \approx 52 \text{ мкм}$$

Результати розрахунків приведені в таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 Припуски та граничні розміри на обробку поверхні 5 $\varnothing 63,234^{+0,024}$ деталі блок циліндрів

Технологічні переходи обробки	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск $2z_{\min}$, мкм	Розрахунковий максимальний розмір, мм	Допуск на виготовлення, мкм	Прийняті розміри по перехо-дам, мм		Отримані граничні припуски, мкм	
	Rz	T	ρ	ε				D_{\max}	D_{\min}	$2z_{\max}^{zp}$	$2z_{\min}^{zp}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Заготовка	320	200	52			61,468	2900	61,5	58,6		
Зенкерування чорнове	160	120	15	139	1017	62,485	460	62,5	62,04	3,44	1

Продовження таблиці 2.11

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Зенкерування напівчистове	50	80	-	-	370	62,855	300	62,9	62,6	0,56	0,4
Чорнове розточування	25	50	-	15	240	63,095	190	63,10	62,91	0,31	0,2
Напівчист. розточування	10	15	-	-	120	63,215	74	63,215	63,141	0,231	0,115
Чистове розточування	6,3	1	-	-	43	63,258	24	63,258	63,234	0,093	0,043
Всього:										4,634	1,758

Виконуємо перевірку:

$$2z_{\delta} \min_{\max}$$

$$2,9 - 0,024 = 4,634 - 1,758$$

$$2,876 = 2,876$$

Розрахунки припусків виконані вірно.

Схема графічного розташування припусків представлена на рисунку 2.1.

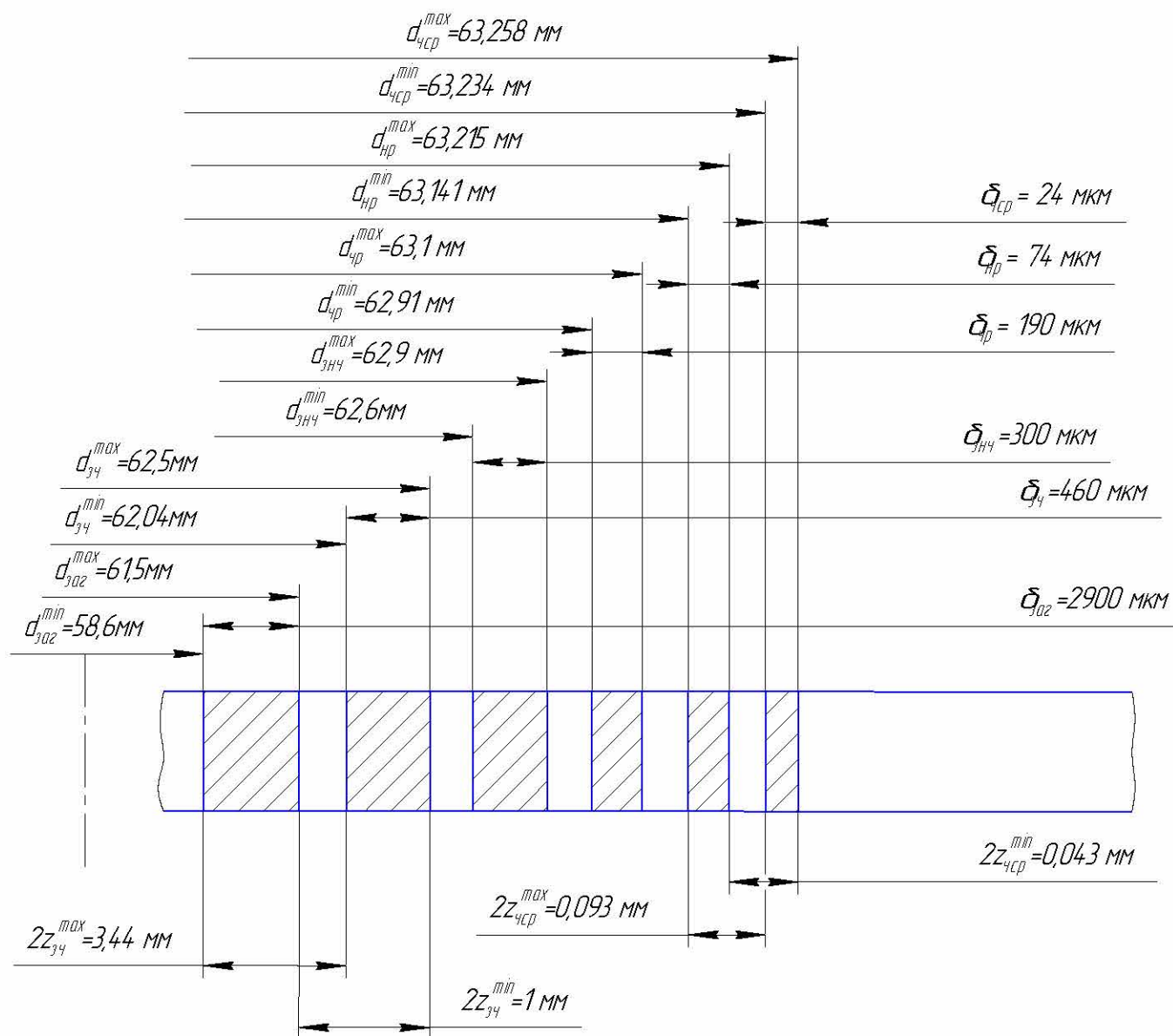


Рисунок 2.1 - Схема графічного розташування припусків

2.13 Визначення режимів різання

Розрахунок режимів різання на операцію 035 алмазно-розточувальну обробки деталі блок циліндрів.

Вихідні данні для розрахунку:

Верстат – алмазно-розточувальний «Ексцело».

Ріжучий інструмент – борштанги 6330-4304, 6330-4305, ріжуча частина – твердосплавні пластини T221 ТУ48-19-307-80 (аналог Т5К10).

На зазначеній операції виконується розточування дев'яти отворів $\varnothing 23,79_{-0,06}$ на довжину $42,5 \pm 0,3$ і точіння фаски $\varnothing 24,1 \pm 0,1$, $8^0 \pm 1^0$, шорсткість оброблених поверхонь – $R_{\max} 16$, допуск круглості – $0,024$ мм.

Визначення глибини різання:

$$t_1 = 0,77 \text{ мм};$$

$$t_2 = 0,37 \text{ мм}$$

Подача:

Подачу вибираємо в залежності від необхідного параметру шорсткості обробленої поверхні та радіусу при вершині різальної пластини.

$$s = 0,2 \text{ мм/об.}$$

Швидкість різання визначається за формулою:

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

Коефіцієнти і показники в формулі вибираємо з табл. 17 [6]:

$$C_v=420; x=0,15; y=0,2; m=0,2.$$

Стійкість інструменту $T=30$ хв.

Поправочний коефіцієнт визначаємо за формулою:

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{NV} \cdot K_{UV}$$

- K_{MV} - враховує матеріал деталі, що обробляється:

$$K_{Mv} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}$$

$$K_{\Gamma} = 0,8; n_v = 1,0.$$

$$K_{Mv} = 0,8 \left(\frac{750}{1030} \right)^1 = 0,58$$

- $K_{\Pi v}$ – коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготовки – 1;
- K_{uv} – коефіцієнт, який враховує вплив інструментального матеріалу – 1.

Загальний поправочний коефіцієнт:

$$K_v = 0,58 \cdot 1 \cdot 1 = 0,58$$

$$V_1 = \frac{420}{30^{0,2} \cdot 0,77^{0,15} \cdot 0,2^{0,2}} \cdot 0,58 = 177 \text{ м/хв}$$

$$V_2 = \frac{420}{30^{0,2} \cdot 0,37^{0,15} \cdot 0,2^{0,2}} \cdot 0,58 = 198 \text{ м/хв}$$

За основу приймаємо швидкість v_1 .

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \text{ хв}^{-1}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 177}{3,14 \cdot 23,79} = 2369 \text{ хв}^{-1};$$

За паспортними даними верстату приймаємо $n_d = 2250 \text{ хв}^{-1}$.

Дійсні швидкості різання:

$$V_{\partial 1} = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 23,79 \cdot 2250}{1000} = 168 \text{ м/хв.}$$

$$V_{\partial 2} = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 24,1 \cdot 2250}{1000} = 170 \text{ м/хв}$$

Сили різання:

$$P_{z,y,x} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_y^y \cdot v^n \cdot K_p$$

За табл. 22 [6] визначаємо коефіцієнти і показники степеню:

Для визначення сили P_z :

$$C_p = 300 \quad Y = 0,75$$

$$X = 1,0 \quad n = -0,15$$

Для визначення сили P_y :

$$C_p=243 \quad Y=0,6$$

$$X=0,9 \quad n=-0,3$$

Для визначення сили P_x :

$$C_p=339 \quad Y=0,5$$

$$X=1,0 \quad n=-0,4$$

Поправочний коефіцієнт на матеріал деталі за табл. 10 стор. 265 [6]:

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP}$$

$$K_{Mv} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n$$

$$n = 0,75.$$

$$K_{Mv} = \left(\frac{1030}{750} \right)^{0,75} = 1,27$$

$K_{\phi P}$ – коефіцієнт, який враховує головний кут в плані – $Pz(0,89)$, $P_y(0,5)$, $P_x(1,17)$.

$K_{\gamma P}$ – коефіцієнт, який враховує передній кут – $Pz(1)$, $P_y(1)$, $P_x(1)$.

$K_{\lambda P}$ – коефіцієнт, який враховує кут нахилу головної різальної кромки – $Pz(1)$, $P_y(1,25)$, $P_x(0,85)$.

K_{rP} – коефіцієнт, який враховує радіус при вершині різця – $Pz(1)$, $P_y(1)$, $P_x(1)$.

$$K_p(Pz) = 1,27 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,13$$

$$K_p(Py) = 1,27 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot 1,25 \cdot 1 = 0,79$$

$$K_p(Px) = 1,27 \cdot 1,17 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 1 = 1,26$$

$$P_{z1} = 10 \cdot 300 \cdot 0,77^1 \cdot 0,2_{\square}^{0,75} \cdot 168^{-0,15} \cdot 1,13 = 362\text{H}$$

$$P_{z2} = 10 \cdot 300 \cdot 0,37^1 \cdot 0,2_{\square}^{0,75} \cdot 170^{-0,15} \cdot 1,13 = 174\text{H}$$

$$P_{y1} = 10 \cdot 243 \cdot 0,77^{0,9} \cdot 0,2_{\square}^{0,6} \cdot 168^{-0,3} \cdot 0,79 = 124\text{H}$$

$$P_{y2} = 10 \cdot 243 \cdot 0,37^{0,9} \cdot 0,2_{\square}^{0,6} \cdot 170^{-0,3} \cdot 0,79 = 58\text{H}$$

$$P_{x1} = 10 \cdot 339 \cdot 0,77^1 \cdot 0,2_{\square}^{0,5} \cdot 168^{-0,4} \cdot 1,26 = 189\text{Н}$$

$$P_{x1} = 10 \cdot 339 \cdot 0,37^1 \cdot 0,2_{\square}^{0,5} \cdot 170^{-0,4} \cdot 1,26 = 91\text{Н}$$

Потужність різання:

$$N_p = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60}$$

$$N_{p1} = \frac{362 \cdot 168}{1020 \cdot 60} = 0,99 \text{ кВт}$$

$$N_{p2} = \frac{174 \cdot 170}{1020 \cdot 60} = 0,48 \text{ кВт}$$

Враховуючи, що дві пластини працюють водночас, загальна ефективна різання:

$$N_{\Sigma} = N_{p1} + N_{p2} = 0,99 + 0,48 = 1,47 \text{ кВт}$$

Перевірка за потужністю верстату показує, що при потужності двигуна верстату 5,5 кВт умова $N_p < 1,2 \cdot N_d \cdot \eta = 1,2 \cdot 5,5 \cdot 0,8 = 5,28 \text{ кВт}$ виконується.

Таким чином, розраховані режими різання можна реалізувати на даному верстаті.

Основний час при одночасній обробці отвору та фаски, визначається найбільш тривалою обробкою за формулою:

$$t_o = \frac{L_{px}}{S_n} \cdot i = \frac{43}{0,2 \cdot 2250} \cdot 1 = 0,1 \text{ хв}$$

Так як розточуємо дев'ять отворів послідовно, то основний час:

$$t_{o3} = 0,1 \cdot 9 = 0,9 \text{ хв}$$

На всі інші переходи режими різання призначаємо по нормативам.

2.14 Технічне нормування операцій

Розрахунок норм часу виконуємо для операції 035 алмазно-розточувальної обробки деталі блок циліндрів. Операція здійснюється на алмазно-розточувальному верстаті «Ексцело».

На зазначеній операції виконується розточування дев'яти отворів $\varnothing 23,79_{-0,06}$ на довжину $42,5 \pm 0,3$ і одночасне точіння фаски $\varnothing 24,1 \pm 0,1$, $8^0 \pm 1^0$.

На решту операцій механічної обробки деталей виконуємо нормування виконані згідно відомих рекомендацій з використанням таблиць, довідників, виробничих нормативних документів.

Зміст операції:

035 Алмазно-розточувальна

«Ексцело» Алмазно-розточувальний

1. Встановити та закріпити деталь.

ПР. Пристосування затискне спеціальне пневматичного типу.

2. Розточити дев'ять отворів.

3. Відкріпити та зняти деталь.

4. Перевірити розміри.

5. Покласти деталь в тару.

Норма штучно-калькуляційного часу визначається за формулою:

$$t_{шт.к} = t_{шт} + t_{пз} / n$$

де: $t_{пз}$ – підготовчо-заклучний час;

n – кількість деталей у партії.

Норма штучного часу $t_{шт}$, розраховується за формулою:

$$t_{шт} = t_o + t_d + t_{т.о} + t_{о.о} + t_{відп}$$

де: t_o – основний час визначається в розділі розрахунок режимів різання;

t_d – допоміжний час, який включає в себе: час на встановлення та зняття деталі; час на підведення, відведення та зміну ріжучого інструменту; час на керування верстатом; час на проведення контрольних вимірів. Елементи допоміжного часу вибираються з нормативних таблиць;

$$t_{\partial} = t_{e.з.} + t_{н.в.} + t_{кер.} + t_{вим.}$$

$t_{e.з.}$ - час на встановлення та зняття деталі – 0,12 хв., ст. 199 [3];

$t_{н.в.}$ - час на підведення та відведення інструмента – 0,036 ст. 201 [3];

$t_{кер.}$ - час на керування верстатом – 0,03 ст. 202 [3];

$t_{вим.}$ - час на проведення контрольних вимірів – 0,375 ст. 208-209 [3].

Тоді:

$$t_{\partial} = 0,12 + 0,036 + 0,03 + 0,375 = 0,6 \text{ хв.}$$

$t_{т.о}$ – час на технічне обслуговування обладнання, розраховується за формулою:

$$t_{т.о} = \alpha t_{\partial}$$

де: α - нормативний процент від основного часу;

$$t_{т.о} = 0,03 \cdot 0,9 = 0,003 \text{ хв.}$$

$t_{о.о}$ – час на організаційне обслуговування, розраховується за формулою:

$$t_{о.о} = \beta t_{оп}$$

де: β - нормативний процент від оперативного часу; $t_{оп}$ – оперативний час, є сумою основного та допоміжного часу;

$$t_{о.о} = 0,06 \cdot (0,9 + 0,6) = 0,09 \text{ хв.}$$

$t_{відп}$ – час на перерви відпочинок та особисті потреби, розраховується за формулою:

$$t_{пер.} = \gamma t_{оп}$$

де γ - нормативний процент від оперативного часу;

$$t_{пер.} = 0,025 \cdot 1,5 = 0,04 \text{ хв.}$$

$t_{пз}$ – підготовчо-заключний час - 9 хв.

n – кількість деталей у партії – 243 шт.

Тоді норма штучно-калькуляційного часу становить:

$$t_{шт.к} = t_o + t_d + t_{т.о} + t_{о.о} + t_{пер.} + t_{пз}/n =$$

$$= 0,9+0,6+0,003+0,09+0,04+9/243=1,67 \text{ хв.}$$

Результати вибору та розрахунку норм часу на інші операції механічної обробки деталі, заносимо в таблицю 2.12.

Таблиця 2.12 - Норма часу на обробку деталі

Номер операції	t_o , хв.	t_d , хв.	$t_{обсл.}$ хв.		$t_{пер.}$ хв.	$t_{шт.}$ хв.	$t_{п-з.}$ хв.	$t_{шт-к.}$ хв.
			$t_{техн. об.}$	$t_{орг. об.}$				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
005	2,18	0,87	0,02	0,02	0,01	3,1	16	
010	2,27	0,79	0,02	0,01	0,01	3,17	16	
015	1,54	1,61	0,003	0,008	0,01	3,17	12	
020	0,62	0,99	0,003	0,009	0,006	1,63	10	
025	3,16	0,5	0,015	0,008	0,02	3,7	10	
030	3,23	0,6	0,02	0,01	0,01	3,87	12	
035	0,9	0,6	0,003	0,09	0,04	1,63	9	1,67
040	17,39	2,3	0,005	0,007	0,008	19,71	10	
045	2,91	0,55	0,004	0,09	0,01	3,56	10	
050	2,43	0,5	0,02	0,03	0,01	2,99	10	
055	1,94	0,42	0,012	0,025	0,006	2,4	10	
060	0,44	0,7	0,012	0,04	0,01	1,2	10	
065	1,03	0,6	0,012	0,03	0,01	1,68	10	
070	4,19	2,58	0,008	0,01	0,012	6,8	10	
075	1,46	0,98	0,006	0,04	0,01	2,5	14	
080	0,95	0,68	0,2	0,03	0,011	1,87	12	

Висновки

В кваліфікаційній роботі виконано аналіз діючого на базовому підприємстві технологічного процесу, на основі чого запропоновані зміни. У відповідності до типу виробництва було запропоновано при обробці деталі блок циліндрів на 020 операції, замість агрегатно-свердлильного верстату 2ХА374 застосувати вертикально-свердлильний верстат з ЧПУ 2Н135Ф2; на 025 операції, замість агрегатно-свердлильного верстату 12А766 застосувати свердлильно-фрезерний верстат з ЧПУ Rapimill 700; на операції 055, замість спеціально-фрезерного верстату «Буш» застосувати вертикально-фрезерний верстат з ЧПУ ЛФ250Ф3; на операціях 105 і 120, замість торцешліфувального верстату «Шаудт» і плоскошліфувального «Ельб-Шліф» застосувати торцекруглошліфувальний ХШ4-12Н283 і плоскошліфувальний ЗП741 відповідно. У відповідності до розроблених технологічних процесів були розроблені структура та зміст операцій, вибране устаткування, визначені режими різання і норми часу.

Список використаних джерел

1. Методичні вказівки до дипломного проектування зі спеціальності 8.090202 “Технологія машинобудування” – Кіровоград: КДГУ, 2002.
2. Методические указания к выполнению дипломного проекта по кафедре «Технология машиностроения» – Кіровоград: КИСХМ, 1986.
3. Проектування технологічних процесів механічної обробки деталей на верстатах з ЧПК. Методичні вказівки до виконання курсового проекту по спеціальності 8090202 “Технологія машинобудування” – Кіровоград , 2000.
4. Методические указания к изучению курса “Проектирование приспособлений” Кіровоград: КИСХМ, 1990.
5. Кузнецов Ю.М. Верстатні комплекси з ЧПК та верстатні комплекси. Київ – Тернопіль, 2001.