

**ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ  
«Сумський державний університет»**

**Факультет технічних систем та енергоефективних технологій**  
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

**Технологія машинобудування, верстати та інструменти**  
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

**Пояснювальна записка**

до кваліфікаційної роботи (проекту)

**другий (магістерський)**  
(освітньо-науковий рівень)

на тему **«Удосконалення технологічного процесу виготовлення камери  
нагнітання 685.7030.001 шляхом концентрації механічних операцій»**

Виконав: студент II курсу, групи ТМ.м-91  
спеціальності: 131 – прикладна  
механіка

(шифр і назва спеціальності)

освітньої програми: технології  
машинобудування

(назва освітньої програми)

Купрієнко Б. Г.

(прізвище та ініціали)

Керівник Колесник В. О.

(прізвище та ініціали)

Рецензент \_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

Суми – 2020 року

**ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ**  
**«Сумський державний університет»**

Інститут, факультет	<u>Центр очної, денна форма навчання</u>
Кафедра	<u>Факультет технічних систем і енергоефективних технологій</u>
Освітньо-науковий рівень	<u>другий (магістерський)</u> (назва)
Спеціальність	<u>131 – прикладна механіка</u> (шифр і назва)
Освітня програма	<u>технології машинобудування</u> (назва освітньої програми, за наявності)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри технологій  
машинобудування, верстатів та  
інструментів

\_\_\_\_\_ Віталій ІВАНОВ

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 року

**ЗАВДАННЯ**  
**ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (ПРОЄКТУ) СТУДЕНТУ**

**Купрієнко Богдан Григорович**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) «Удосконалення технологічного процесу  
виготовлення камери нагнітання 685.7030.001 шляхом концентрації  
механічних операцій»

керівник проекту Колесник Віталій Олександрович . ст.викладач, к.т.н.  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затвержені наказом вищого навчального закладу від «13» листопада 2020 року за № 1767-III

2. Строк подання студентом роботи (проекту) «16» грудня 2020 року

3. Вихідні дані до роботи (проекту) Креслення деталі камери нагнітання 685.7030.  
001, технологічний процес деталі камери нагнітання 685.7030.001

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно  
розробити) 1. Аналіз технологічного процесу виготовлення деталі

2. Удосконалити технологічний процес виготовлення деталі

3. Дослідження сучасних методів проведення дефектоскопічного контролю

4. Охорона праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях

5. Консультанти розділів роботи (проекту)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	Фалько В. В., ст. викладач кафедри Ета ПТ		

6. Дата видачі завдання «10» вересня 2020 року

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи (проекту)	Строк виконання етапів роботи (проекту)	Примітка
1	Вступ	01.10.2020	
2	Аналіз технологічного процесу виготовлення деталі	01.10.2020	
3	Удосконалити технологічний процес виготовлення деталі	01.11.2020	
4	Дослідження сучасних методів проведення дефектоскопічного контролю	01.12.2020	
5	Охорона праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях	01.12.2020	
6	Формулювання загальних висновків	10.12.2020	
7	Підготовка доповіді	14.12.2020	
8	Підготовка презентації	14.12.2020	
9	Оформлення роботи	16.02.2020	

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Богдан КУПРІЄНКО

\_\_\_\_\_ (ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи (проекту)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Віталій КОЛЕСНИК

\_\_\_\_\_ (ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

Сумський державний університет

Кафедра «Технологія машинобудування, верстати та інструменти»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідуючий кафедрою

\_\_\_\_\_ Віталій ІВАНОВ

« \_\_\_\_ » грудня 2020 р.

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ  
КАМЕРИ НАГНІТАННЯ 685.7030.001 ШЛЯХОМ КОНЦЕНТРАЦІЇ  
МЕХАНІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ**

Кваліфікаційна робота (проект) магістра

Спеціальність 131 – прикладна механіка

Освітня програма – технології машинобудування

Студен

Б. Г. Купрієнко

Керівник

В. О. Колесник

Консультант з розділу охорони праці  
та безпеки в надзвичайних ситуаціях

В. В. Фалько

Нормоконтроль

О. В. Івченко

Суми – 2020

## ЗМІСТ

	С.
ВСТУП	10
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ	12
1.1 Аналіз службового призначення виробу , деталі , опис їх конструктивних особливостей та умов експлуатації	12
1.2 Аналіз технічних умов(ТУ) та вимог (ТВ) до конструкції деталі	19
1.3 Характеристика заданого типу виробництва та форми його організації	22
1.4 Аналіз технологічності конструкції деталі	25
1.5 Аналіз базового або типового технологічного процесу	27
1.6 Висновки та завдання для удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі	28
РОЗДІЛ 2 .УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ .....	30
2.1Складання раціонального технологічного маршруту виготовлення деталі	30
2.2 Вибір та обґрунтування способу виготовлення вихідної заготовки	36
2.3 Розрахунок припусків на обробку поверхні обертання	39
2.4 Призначення та обґрунтування схем базування та закріплення заготовки	44
2.5 Обґрунтування та вибір моделей металорізальних верстатів	48
2.6 Обґрунтування та вибір верстатних пристроїв, різального та вимірювального інструментів	50
2.7 Визначення режимів різання	54
2.8 Технічне нормування операції	82
2.9 Проектування верстатного пристрою	92
РОЗДІЛ 3 .ДОСЛІДЖЕННЯ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ПРОВЕДЕННЯ ДЕФЕКТОСКОПІЧНОГО КОНТРОЛЮ	102
3.1Дефектоскоп А1214 EXPERT	102
3.2Дефектоскопія	105
3.3Ультразвукова дефектоскопія	105
3.4Магнітна дефектоскопія	109

3.5 Висновок	111
ВИСНОВКИ	112
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	113

## ВСТУП

**Актуальність роботи.** Машинобудування в сучасному світі є одна з головних та ключових галузей економіки, що визначає ступінь і прогрес розвитку різних галузей промисловості: а саме металургії, енергетики, сільського господарства, оборонної промисловості та багатьох інших.

У сучасному машинобудуванні України є велика номенклатура виробів що характеризується нестабільними обсягами виготовлення продукції. В умовах ринкової економіки однією з основних задач машинобудування у секторі компресоробудування є зниження собівартість виготовлення продукції. Таким чином удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі камера нагнітання, як складової компресорного агрегату є актуальною інженерною задачею.

**Мета роботи.** Удосконалити технологічний процес деталі камера нагнітання, шляхом зменшення витрат часу на обробку деталей за рахунок концентрації механічних операцій

Задачі роботи. Для досягнення поставленої мети в роботі були визначені та вирішенні наступні завдання: 1) виконати аналіз деталі по вихідним даним креслення та базового технологічного процесу; 2) знайти шляхи за для удосконалення технологічного процесу шляхом залучення сучасного обладнання; 3) розрахувати раціональні режими різання з урахування можливостей сучасних інструментальних матеріалів; 4) спроектувати верстатний пристрій для закріплення заготовки; 5) дослідити сучасні методи проведення дефектоскопії .

**Об'єкт дослідження** – технологічний процес виготовлення деталі камера нагнітання

**Предмет дослідження** – техніко-економічні показники технологічного процесу..

**Методи дослідження.** Робота була виконана з використанням методів аналізу та синтезу, теоретичних та практичних положень технології

машинобудування, теорії різання, теорії проектування верстатних пристроїв, та системного підходу. Проектування конструкторської та технологічної документації було виконано з використанням CAD/CAM.

**Наукова новизна отриманих результатів.** Немає.

**Практичне значення отриманих результатів.** Полягаю в тому, що потрібно застосовувати сучасні прилади в технологічних процесах.

**Особистий внесок здобувача.** Основні наукові результати дослідження, що виносяться на захист, одержані мною самостійно.

**Апробація роботи.** Не має.

**Публікації.** Не має

**Структура й обсяг кваліфікаційної роботи магістра.** Робота складається із вступу, трьох розділів, списку джерел посилань і додатків. Повний обсяг кваліфікаційної роботи магістра становить 160 сторінки, у тому числі 30 рисунків, 22 таблиць, список джерел посилань з 35 джерел на трьох сторінках, та додатків.



## РОЗДІЛ 1

### АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

#### 1.1 Аналіз службового призначення виробу , деталі , опис їх конструктивних особливостей та умов експлуатації

Компресор 203ГЦ2-71/32-73М12345 застосовується до монтажу в електроприводний компресорний агрегат ЕКА-Ц-6,0 / 72-2,28М1, службовим призначенням якого є підвищення тиску і переміщення газу у магістральних трубопроводах (табл.1.1).

Таблиця 1.1 - Технічні характеристики компресора

Параметр	Числове значення
Продуктивність, приведена до температури 273 К (0°C) і тиску 0,101 МПа (1,033кг / см <sup>2</sup> ), м <sup>3</sup> / с (млн.м <sup>3</sup> / добу), не менше	38,19 (3,3091)
Продуктивність об'ємна, наведена до початкових умов, м <sup>3</sup> /с (м <sup>3</sup> / хв), не менше	1,21 (72,85)
Тиск початкова, абсолютне, МПа (кгс / см <sup>2</sup> ) Номінальне, мінімальне	3,142 (32,04) 3,04 (30,99)
Тиск кінцеве, абсолютне, МПа (кгс / см <sup>2</sup> ) Номінальне, максимальне	7,19 (73,32) 7,28 (74,23)
Ставлення тисків (розрахункове)	2,288
Політропний ККД компресора, %	76
Частота обертання ротора компресора (розрахункова), с-1(Об / хв)	131,25 (7875)
Номінальна (розрахункова) потужність споживана ,МВт	4,9
Максимальна потужність, споживана компресором, МВт	5,3
Температура газу на вході в компресор (розрахункова), К(°С)	304,6 (+31,6)
Підвищення температури газу в компресорі на номінальному (розрахунковому) режимі, °С	67,0
Коефіцієнт стисливості за умовами входу в компресор	0,876

Позначення у маркуванні компресора 203ГЦ2-71/32-73М12345 роз'яснені в табл.1.2

Таблиця 1.2 Найменування виробу - компресор 203ГЦ2-71 / 32-73М12345

207	позначення базового корпусу компресора з діаметром внутрішнього розточення корпусу компресора 1000 мм (20x50);
Г	3 - виконання по довжині корпусу компресора;
Ц	компресор газовий відцентровий;
2	вертикальний роз'єм корпусу компресора;
71	округлена об'ємна продуктивність, приведена до початкових умов, (м <sup>3</sup> / хв);
32	тиск початкова, абсолютне, (номінальне), кгс / см <sup>2</sup> ;
73	тиск кінцеве, абсолютне, (номінальне), кгс / см <sup>2</sup> ;
М	модифікація компресора:

Принцип дії відцентрових компресорів опирається на динамічному стисканні газового осередку. Головним елементом цього обладнання є ротор, обладнаний валом з роторами, в яких положення симетричне. Під час роботи пристрою на частки газу діє сила інертності, яка виступає в результаті оборотного руху, здійснюваного через лопатки кола. Спричиняє - це переміщення газу з середини компресора до обертання ротора, в результаті чого газ стискається і набирає швидкості. Потім швидкість газу падає і наступає подальше стиснення в круглому дифузорі, кінетична енергія перетворювана в потенціал. У наступному етапі газ попадає до поворотного каналу і переходить до наступного етапу розвитку.

Істотною різницею між відцентровими одиницями і іншими типами пристроїв є брак контакту між нафтою і газом. В разі цього типу агрегатів, масляні вкидання для робочих елементів обладнання значно менші. При цьому мастило повністю захищає від іржі елементи обладнання, а масло, що має слабе окислювання, змащує зубчасті колеса, ущільнення і підшипники максимально ефективно[1].

Аналіз службового призначення вузла.

Деталь – камера нагнітання входить до складу корпусу внутрішнього (рис.1.1)

В корпус внутрішній входять такі головні деталі :

- Камера усмоктувальна 3;
- Камера нагнітання 20;
- Апарат вхідний направляючий 8;
- Діафрагми 4, 5, 6;
- Лабіринтові втулки 21, 22, 23, 24, 25.

Пакет діафрагм 4, 5, 6 і втулки 22, 23, 24, 25 мають горизонтальний роз’їм. Пакет діафрагм скріплений призовними болтами по горизонтальному по горизонтальних гніздах. Нагнітальна камера 20 стягнута з діафрагмою 5 через діафрагму 6, шпильками 17 і гайками 44. Гайки застопорені шайбами 55.

Пакет діафрагм, усмоктувальна камера 3, стягнуті в осьовому напрямку шпильками 14 і гайками 44. Гайки застопорені шайбами 55.

Лабіринтові втулки 21, 22, 23, 24, 25, утворюють сполучення із поверхнями через лабіринтові щілинні ущільнення.

Апарат вхідний направляючий 8 встановлений в розточення камери всмоктування 3.

Апарат вхідний направляючий 8 закріплений болтами 40 на камері всмоктування 3. Болти застопорені шайбами 54.

Втулка 21 закріплена болтами 36 на камері всмоктування 3. Болти застопорені шайбами 52.

Верхні половини втулок 22, 23, 24, 25 зафіксовані від прокручування і випадання гвинтами 10.

Вертикальні і горизонтальні роз’єми внутрішнього корпусу ущільнені гумовим шнуром 30[1].

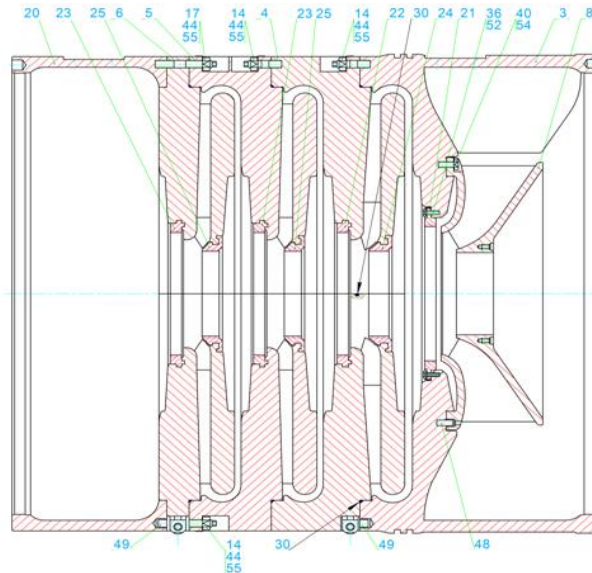


Рисунок 1.1 – Корпус компресора

#### Аналіз службового призначення деталі

Аналізуємо службове призначення деталі камера нагнітання (поз. 20 рис.1.1), та приведених пояснень ми бачимо, що деталь встановлюється в головний внутрішній корпус. В цьому корпусі усі деталі перебувають у в збурюю чому середовищі. Основною функцією деталі камери нагнітання полягає в добрій фіксації правим торцем деталі з деталлю діафрагма.

Основним призначенням деталей, що входять в корпус внутрішній – захист ротора та головного вузлу деталі від зовнішніх чинників що впливають на роботу компресора.

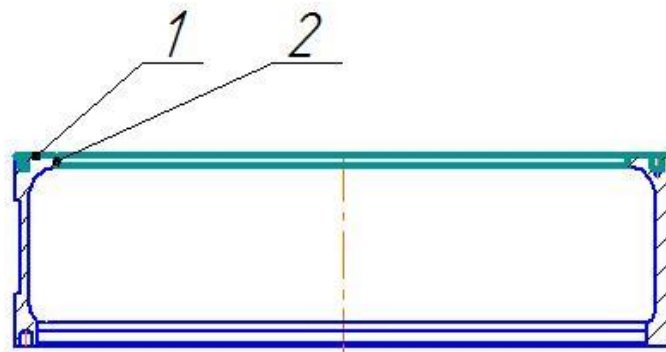


Рисунок 1.2 – Контакт деталі з деталями у вузлі компресора в проточній частині

Контакт деталі з деталями у вузлі виконується :

По правому торцю (пов.1, рис.1.2), деталь контактує з діафрагмою. Внутрішня поверхня (пов. 2 рис. 1.2) деталь контактує, також з діафрагмою. Деталь камера нагнітання з'єднана з діафрагмою ( поз. 5 рис. 1.1 ) ,через діафрагму ( поз. 6 рис. 1.1 ), закріплена на торці правим (поз. 1 рис. 1.1) за допомогою шпильки ( поз. 17 рис. 1.1 )і гайки ( поз. 44 рис. 1.1 )гайки застопорені шайбами (поз. 55 рис. 1.1 ) .

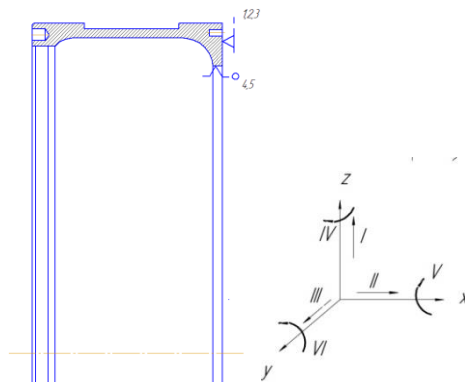


Рисунок 1.3 – Схема базування деталі у вузлі

Таблиця 1.3- Матриця відповідності

№ точки	Степінь вільності	База
1,2,3	IV ,V, II,	УБ
4,5	I, III	ПОБ

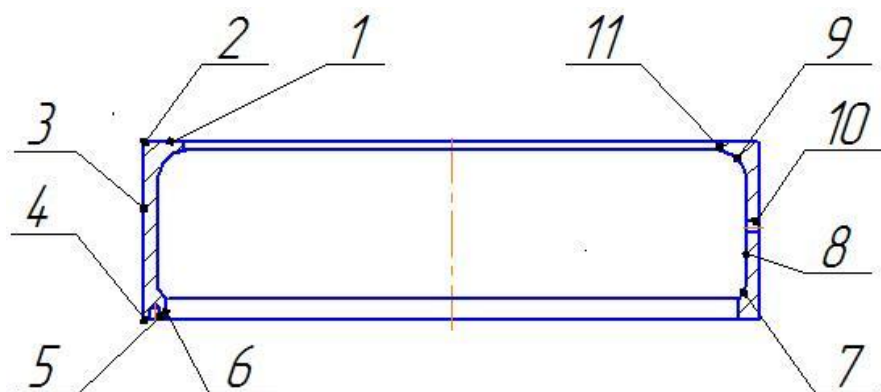


Рисунок 1.4. Деталь камера нагнітання і її поверхні в головному виді.

Таблиця 1.4 Класифікація поверхонь за призначенням деталі

Номер поверхні	Форма поверхонь	Призначення	Параметр Шорсткості, Ra, мкм	Квалітет точності
6	Циліндр $\phi 940H7^{+0,09}$	Основні конструкторські бази (визначають положення деталі у вузлі)	1,6	7
11	Циліндр $\phi 880H7^{+0,09}$		1,6	7
1	Торець		1,6	14
3	Циліндр $\phi 1010H7_{-0,5}$	Допоміжні	6,3	14
8	Циліндр $\phi 965^{-0,5}$		6,3	14
5	Отвір $\phi 18$		6,3	14
10	Отвір $\phi 20$		6,3	14
7	Дуга – R35	Вільні	6,3	14
9	Дуга – R45		6,3	14
2,4	Фаска $2 \times 45^\circ$		6,3	14

Опис конструктивних особливостей деталі та умов її експлуатації

Камера нагнітання являє собою тіло обертання з відношенням

$$\frac{L}{D} = \frac{292}{1010} = 0,28 < 1. \text{ Габаритні розміри деталі } \phi 1010 \times 292 \text{ маса - 185 кг.}$$

Матеріал деталі - конструкційна сталь 20 ГОСТ 1050-88 Замінники - сталі: 15, 25.

У загальному машинобудування Сталь 20 застосовують для таких типових деталей, як гаки кранів, муфти, вкладиші підшипників та інші деталі, що працюють при температурі від - 40 до 450 С під - шестерні, черв'яки та інші деталі, до яких пред'являються вимоги високої поверхневої твердості при невисокій міцності серцевини [2]

Таблиця 1.5 – Характеристика поверхонь деталі

Найменування Поверхні	Кількість Поверхонь	Параметр шорсткості Ra, мкм	Квалітет точності
1	2	3	4

Продовження таблиці 1.5

1	2	3	4
Внутрішні:			
$\phi 940$	1	1,6	7
$\phi 880$	1	1,6	7
$\phi 965$	1	1,6	14
Зовнішні: $\phi 1010$	1	6,3	14
Лінійні: торець $\phi 1010/ \phi 940$	1	6,3	14
торець $\phi 1010/ \phi 880$	1	1,6	14
Інші: отвір $\phi 20$	1	12,5	14
вікно	1	3,2	14
лиски	2	6,3	14
різьба M16	8	3,2	6
різьба M16	2	6,3	7
отвір $\phi 18$	2	12,5	14
паз	2	12,5	14
різьба M16 отвір $\phi 22$	6	3,2	6
галтель R35	2	12,5	14
галтель R45	1	1,6	14
галтель R45	1	1,6	14
фаска $2 \times 45^\circ$	16	12,5	14
фаска $1 \times 45^\circ$	2	12,5	14
фаска $3 \times 15^\circ$	1	3,2	14
фаска $5 \times 15^\circ$	1	3,2	14
фаска $5 \times 15^\circ$	1	3,2	14
дуга R125	1	3,2	14
галтель R2	1	3,2	14
галтель R50	1	3,2	14
галтель R125	1	3,2	14
Всього	59	430,3	683

З точки зору зручності базування дана деталь є складною, так як необхідне застосування спеціальних пристосувань на певних стадіях обробки. Є ймовірність деформування деталі. Так як на деталі присутні точні поверхні і деталь має не стандартну конфігурацію [3]. Також в деталі присутні такі конструктивні елементи як:

- наявність складного профілю вікна:
- наявність глухих отворів.
- наявність галтелей.

## 1.2 Аналіз технічних умов(ТУ) та вимог (ТВ) до конструкції деталі

Визначення технологічних завдань щодо її виготовлення

Точність обробки – це відповідність оброблюваних поверхонь вимогам креслення деталі - камера нагнітання

Аналізуючи дані вимоги, можна побачити, що вони обмежені 4 факторами:

- дотримання точності розмірів;
- дотримання вимог шорсткості поверхонь;
- дотримання допуску форми та взаємного розташування поверхонь;
- дотримання необхідної твердості поверхонь;


Необхідна точність поверхонь досягається завдяки використанню достатньої кількості стадій обробки, грамотному підбору обладнання, ріжучого інструменту, жорсткому закріпленню деталей. Виконання вимог шорсткості поверхонь забезпечується в першу чергу вибором оптимальних режимів обробки, правильному підбору геометрії ріжучого інструменту і СОТС, жорсткості технологічної системи ВПД.

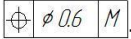
Забезпечення вимог допусків форми і взаємного розміщення поверхонь досягається на операціях кінцевої обробки із дотриманням принципів постійності і сумісності баз, завдяки вибору високоточних прогресивних верстатних пристосувань, які зводять похибки установу до мінімуму.

Досягнення твердості згідно вимог що, забезпечується на операціях термообробки із призначенням правильних режимів термічної дії на даний матеріал[4].

Допуски форми та розташування:



 - допуск на радіальне биття отвору  $\phi 940H7$  відносно осі поверхні М приблизно дорівнює 0,03 мм. Даний допуск можна забезпечити, обробляючи на одному установі.

 - позиційний допуск для отворів, відносно бази М дорівнює 0,6 мм. Даний допуск можна забезпечити, обробляючи на одному установі.

Таблиця 1.6 – Методи досягнення точності розмір деталі

Поверхні	Точність	Шорсткість, Ra(мкм)	Методи досягнення
1	2	3	4
Внутрішні			
$\phi 940$	H7	1,6	Чорнове,пів чистове, чистове, тонке точіння
$\phi 880$	H7	1,6	Чорнове, пів чистове і чистове , тонке точіння
$\phi 965$	H14	1,6	Чорнове,пів чистове
Зовнішні			
$\phi 1010$	h14	6,3	Чорнове точіння
Лінійні			
Торець $\phi 1010/\phi 940$	h14	6,3	Чорнове точіння, чистове
Інші			
Отвір $\phi 20$	H14	12,5	Свердлування
Вікно	H14	3,2	Чорнове фрезерування
Лиски	h14	6,3	Чорнове фрезерування
Різьба M16	H6	6,3	Свердлування ,нарізання різьби.
Різьба M16	H7	6,3	Свердлування ,нарізання різьби.
Отвір $\phi 18$	H14	12,5	Свердлування
Паз	H14	12,5	Чорнове фрезерування
Різьба M16	H6	6,3	Свердлування, нарізання різьби.
Отвір $\phi 22$	H14	12,5	Свердлування
Галтель R35	H14	1,6	Чорнове і чистове розточування
Галтель R45	H14	1,6	Чорнове і чистове розточування
Фаска $2 \times 15^\circ$	h14	12,5	Чорнове точіння
Фаска $1 \times 15^\circ$	h14	3,2	Чорнове точіння
Фаска $3 \times 15^\circ$	h14	3,2	Чорнове точіння
Фаска $5 \times 15^\circ$	h14	3,2	Чорнове точіння
Дуга R125	h14	3,2	Слюсарне доведення
Галтель R2	h14	3,2	Слюсарне доведення
Галтель R50	h14	3,2	Слюсарне доведення
Галтель R125	h14	3.2	Слюсарне доведення

З точки зору зручності базування дана деталь є не технологічною, так як необхідне застосування спеціальних пристосувань на певних стадіях обробки.

Також в деталі присутні такі не технологічні елементи як:

- наявність складного профілю вікна;
- наявність глухих отворів;
- наявність галтелей .

Підвищення точності обробки деталі може бути здійснено шляхом обробки не технологічних елементів на операціях з використанням верстатів з ЧПК.

Розмір на кресленні поставленні з дотриманням вимог ЄСКД згідно ГОСТ-5678, що забезпечує легке читання креслення, вільне виконання і контроль розмірів в процесі механічної обробки за допомогою універсальних вимірювальних інструментів: штангенциркуль, калібрів: калібр пробка: для контролю отворю діаметром  $\phi 940H7$ , діаметром  $\phi 880H7$  на кресленні присутні допуски радіального і торцевого биття - 0,03 мм, відносно бази М ,які досягаються завдяки принципам сумісності та постійності баз.

Також є допуски позиційності для отвору  $\phi 18$  ,та 6 отворів.  $M16-6H$  , 4 отворів.  $M16-6H$  відносно бази М складає 0,6мм, які досягаються завдяки знятті і переводу деталь на станок з ЧПУ.

Кількісна оцінка технологічності деталі

Коефіцієнт використання заготовки.

$$K_3 = \frac{m_D}{m_3} > 0,7 \quad (1.1)$$

$m_D = 185$  кг - маса деталі

$m_3 = 634,81$  кг - маса заготовки

$K_3 = \frac{185}{634,81} = 0,29 > 0,7$  - умова не виконується, деталь не технологічна.

Коефіцієнт використання матеріалу.

$$K_M = \frac{m_D}{(m_3 + m_{BB3})} > 0,64 \quad (1.2)$$

$$m_d = 185 \text{ кг};$$

$$m_3 = 634,81 \text{ кг};$$

$$m_{\text{вс}} = 0,2 \times m_3 = 0,2 \times 634,81 = 126,96 \text{ кг} - \text{ маса відходів виробництва заготовки.}$$

- умова не виконується.

Коефіцієнт точності обробки.

$$K_T = 1 - \left( \frac{1}{A_{CP}} \right) > 0,8 \quad (1.3)$$

$$A_{CP} = \frac{6 \times 14 + 7 \times 4 + 14 \times 41}{59} = 11,63 - \text{ приймаю } 14 - \text{ середнє арифметичне}$$

значення квалітету точності всіх поверхонь деталі (табл.3.1)

$$K_T = 1 - \left( \frac{1}{14} \right) = 0,92 > 0,8 - \text{ умова виконується, отже обробка всіх поверхонь}$$

камери нагнітання виконана з достатньою точністю.

Коефіцієнт шорсткості:

$$K_{ш} = \frac{1}{B_{CP}} < 0,32$$

$$B_{CP} = \frac{1,6 \times 6 + 3,2 \times 22 + 6,3 \times 6 + 12,5 \times 25}{59} = 7,29$$

приймаю 12,5 - середнє арифметичне значення параметру шорсткості

$$K = \frac{1}{12,5} = 0,08 < 0,32 - \text{ умова виконується}$$

### 1.3 Характеристика заданого типу виробництва та форми його організації

Тип виробництва характеризується коефіцієнтом закріплення операцій  $K_{3,0}$ , який показує відношення всіх різноманітних технологічних операцій, виконуваних на протязі місяця до кількості робочих місць [5].

$$K_{3,0} = \frac{\sum O}{\sum P} \quad (1.4)$$

де:

$\sum O$  - сумарне число різноманітних операцій;

$\sum P$  - число робітників виконуючих ці операції.

Визначення штучно-калькуляційного часу  $T_{ш-к}$  на всіх операціях.

Розрахункова кількість верстатів по операціям знаходимо за формулою:

$$m_p = \frac{N_{річ} \times T_{ш-к}}{60 \times F_{д} \times \eta_{з.м.ср}}, \quad (1.5)$$

де

$N_{річ}$  – річна програма випуску деталей, 1500 шт;

$F_{д}$  -дійсний річний фонд часу роботи обладнання,  $F_{д} = 4029$  рік;

середнє значення нормативного коефіцієнта завантаження обладнання.

Виконаємо розрахунок необхідної кількості обладнання для операції 015:

$$m_p = \frac{1500 \times 6,0}{60 \times 4029 \times 0,8} = 0,0465.$$

Число робочих місць  $P$  знаходимо шляхом округлення до ближнього цілого числа отриманого значення  $m_p$ :  $P = 1$ . Фактичний коефіцієнт завантаження обладнання робочого місця знаходиться за формулою:

$$\eta_{з.ф} = \frac{m_p}{P}, \quad (1.6)$$

$$\eta_{з.ф} = \frac{0,0465}{1} = 0,0465.$$

Кількість операцій виконуваних на робочому місці:

$$O = \frac{\eta_{з.н.ср.}}{\eta_{з.ф}}, \quad (1.7)$$

$$O = \frac{0,8}{0,0465} = 6$$

Знаходимо результати розрахунків заносимо до таблиці

Коефіцієнт закріплення операцій знаходимо по формулі:

$$K_{з.о} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{67}{3} = 22 \quad (1.8)$$

Розраховане значення коефіцієнта ( $20 < K_{3.0} < 40$ ) відповідає серійному типу виробництва.

Серійна продукція характеризується обмеженим асортиментом ремонтваних виробів, що виробляються або ремонтуються. Підприємства цього типу виробляють тепер 75-80% всіх інженерних виробів на Україні.

З точки зору технологічних і виробничих ознак серійна продукція займає проміжне місце між одиничною і масовою продукцією.. Виробничий процес пробігає таким чином, що після обробці деталей в одній операції та сама партія оброблюється в наступній операції. [5] Число партії до одночасного введення в дію визначається в спрощенні (зразок 1.9.):

$$n = \frac{N \times a}{254} \quad (1.9)$$

де:  $N$  – річна програма, шт.;

$a$  – періодичність запуску в днях (рекомендується періодичність 3,6,12, 24 дні. Приймаємо 24 дні).

$$n = \frac{1500 \times 24}{254} = 141,7 \approx 142 \text{ шт.}$$

У серійній продукції широко застосовувані машини з програмованим керуванням, обробні центри, а також знаходять застосування гнучкі автоматичні системи верстатів з ЧПК.

Переналагодження верстатів, пристроїв та інструментів, а також перебудова виробничого процесу при переході на обробку інших різновидів подібних деталей забезпечуються попередньою технологічною підготовкою.

Пересічні кваліфікації працівників при серійній продукції вищі ніж при масовій продукції, але нижче ніж при одиничній продукції. У рамках цього типу продукції вказано є застосування групової форми організації продукції. Цей метод сприяє застосуванню технології на відповідному технологічному рівні продукції цього типу. Поряд з робітниками високої кваліфікації, які працюють на складних універсальних верстатах с числовим програмним керуванням, і

налагоджують, використовуються робітники-оператори не високої кваліфікації, що працюють на настроєних верстатах.

В межах даного типу виробництва доцільно використовувати групову форму організації виробництва. Цей метод сприяє застосуванню технології відповідного рівня технології даного типу виробництва.

Групове виробництво в процесі обробної стадії на базі групової технології може бути створене у вигляді детально-групових цехів, дільниць і групових (багатопредметних) потокових ліній, де деталі оброблюються без переналагодження верстатів. Як додаток до переваг предметної спеціалізації предметно-замкнутих ділянок мають такі характеристики:

- не потрібен час па переналагодження верстатів, що приводить до зниження собівартості обробки деталей, підвищення продуктивності і збільшення коефіцієнта використання устаткування;
- спрощення внутрішньо-цехового, оперативно - виробничого планування і керування за рахунок скорочення зовнішніх зв'язків кожної ділянки;
- відбувається підвищення ступеня саморегулювання ділянкою внаслідок збільшення внутрішніх зв'язків на робочій ділянці цеху [6]

#### 1.4 Аналіз технологічності конструкції деталі

Матеріал деталі - конструкційна сталь 20 ГОСТ 1050-88.

Замінники - сталі: 15, 25.

Хімічний склад сталі[2] див. таблицю 1.7

Таблиця 1.7 - Хімічний склад сталь 20 ГОСТ 1050-88, приведено кількість елементів в відсотках

<i>C</i>	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>Cr</i>	<i>S</i>	<i>P</i>	<i>Cu</i>	<i>Ni</i>	<i>As</i>
			не більше ніж %					
0,17- 0,24	0,17- 0,37	0,35- 0,65	0,25	0,04	0,035	0,25	0,25	0,08

Таблиця 1.8 - Механічні властивості сталі 20 для поковок за ГОСТ 8479-70

Операція	Перетин,мм	КП	$\hat{f}_{0,2}$	$\hat{f}_B$	$\tau_{M_5}$	$\rho$	$KCU$ , Дж/см <sup>2</sup>	$HV$ , не більше
			Н/мм <sup>2</sup>		%			
			не менше					
Нормалізація	До 100	175	175	350	28	55	64	101-143
	100-300			350	24	50	59	101-143
	300-500			350	22	45	54	101-143
	500-800			350	20	40	49	101-143
Гартування	До 100	195	195	390	26	55	59	111-156
	100-300			390	23	50	54	111-156
Відпуск	До 100	215	215	430	24	53	54	123-167
	100-300	245	245	430	20	48	49	123-167
	100-300			470	19	42	39	143-179

Температура кування, °С: початку 1280°С, кінця 750°С. Охолодження на повітрі.

Зварюваність - без обмежень, крім деталей після хімічно - термічної обробки.

Способи зварювання: РДС, АДС під флюсом і газовим захистом, КТС.

Оброблюваність різанням - у гарячекатаному стані при  $\sigma_B = 450-490$  МПа

Флокені чутливість - не чутлива.

Матеріал деталі - конструкційна сталь 20 ГОСТ 1050-88.

Замінники - сталі: 15, 25

Призначення: після нормалізації або без термообробки гаки кранів, муфти, вкладиші підшипників та інші деталі, що працюють при температурі від - 40 до 450 °С під - шестерні, черв'яки та інші деталі, до яких пред'являються вимоги високої поверхневої твердості при невисокій міцності серцевини [2]

## 1.5 Аналіз базового або типового технологічного процесу

Для забезпечення високої якості та продуктивності виробництва, зниження собівартості, у технологічному процесі спочатку виконуються усі чорнові операції, потім чистові. При цьому враховуються наступні вимоги:

а) в першу чергу обробляються бази другої операції (чистові бази). Не рекомендується використання точного обладнання;

б) потім обробляються поверхні с максимальним припуском і напуском, оскільки при цьому виникають значні сили закріплення та інтенсивні режими різання.

в) обробляються поверхні, при формуванні яких можуть виявитися дефекти заготовки, а також присутня велика вірогідність появи не гідної продукції в наслідок великих зусиль механічної обробки;

г) останніми обробляються, як правило, найбільш точні поверхні.

Після операцій механічної обробки необхідно передбачити контрольні операції, які виконуються на цьому ж робочому місці працівником. [9]

Таблиця 1.9 - Порівняння базового і пропонованого технологічних процесів

Базовий технологічний процес			Пропонований технологічний процес		
1	2	3	4	5	6
№ операції	Назва операції	Обладнання	№ операції	Назва операції	Обладнання
005	Заготівельна	-	005	Заготівельна	КГШП
010	Термічна	Піч газувана	010	Термічна	Піч газова
015	Контроль ВТК	Стіл ВТК	015	Контрольна ВТК	Стіл ВТК
020	Токарно-карусельна	1540	020	Токарно-Карусельна	1525
025	Ультразвукова дефектоскопія (УЗД)	Дефектоскоп	025	Токарно-Карусельна	1525
030	Контроль ВТК	Стіл ВТК	030	Контрольна ВТК	Стіл ВТК



Продовження таблиці 1.9

1	2	3	4	5	6
035	Токарно Карусельна с ЧПК	Dorries Scharman SDE 200	035	Ультразвукова дефектоскопія	Дефектоскоп РДМ – 43Т
040	Маркірувальна	Стіл маркувальник а	040	Токарно- карусельна з ЧПК	1А512Ф4
050	Розміточна	Стіл розмітчика	050	Багатоцільова з ЧПК	DMG DMF 260
055	Горизонтально расточна	Skoda W160.	055	Контрольна ВТК	Стіл ВТК
060	Розміточна	Стіл розмітника	060	Координатно- розточна з ЧПК	DMG DMF 260
065	Контроль втк	Стіл втк	065	Контрольна втк	Стіл ВТК
070	Координатно- свердлувальна	<b>Dorries Scharman SDE 200</b>	070	Слюсарна	Верстат слюсарний
075	Контроль ВТК	Стіль ВТК	075	Контрольна втк	Верстат слюсарна
080	Слюсарна	Верстат слю.	080	Маркувальна	Стіл марк.
085	Маркувальна	Стіл марк.	-	-	-

Було проаналізовано базовий тех. процес. На якому видно, що використовувалось старе і не удосконалене обладнання, яке потребувало багато місця на підприємстві і чи малі ресурси . З огляду на продуктивність та більш удосконаленості, було обрано та запропоновано більш дороге обладнання, але воно крашу по застосуванню і дає можливість рухатися з розвитком сьогодення.

### **1.6 Висновки та завдання для удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі**

За час проходження практики було проаналізовано базовий технологічний процес. Виходячи з базових знань, та аналізу більш продуктивних верстатів та інструментів сьогодення. Було запропоновано розробити більш продуктивніший ТП. В даному ТП використовується оброблювальний верстат - DMG DMF 260, який замінює універсальне обладнання та дає можливість зменшити час обробки

деталей. Також було ще замінено на більш точніший верстат 1A512Ф4, який виконує токарно карусельну обробку з ЧПК.

Застосування верстатів з ЧПК дозволить виконувати роботу швидше і продуктивніше, при цьому зменшити прояву людського фактору на шкоду в затратах виробництв.

## РОЗДІЛ 2. УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

### 2.1 Складання раціонального технологічного маршруту виготовлення деталі

005 Заготівельна – вихідна заготовка – штамповка на КГШП

010 Термічна. Піч газова ТП-61. Гартування 790-820 °С, охолодження у воді, відпуск 160-200 °С, цементация 920-950 °С, охолодження на повітрі.

015 Контрольна ВТК

Перевірити всі отримані на заготівельній операції розміри згідно ескізу.

Вимірювальний інструмент :

Штангенциркуль ШЦ – 3 – 1600 – 0,1 – ГОСТ166-89

020 Токарно - Карусельна

Обладнання : верстат – 1525

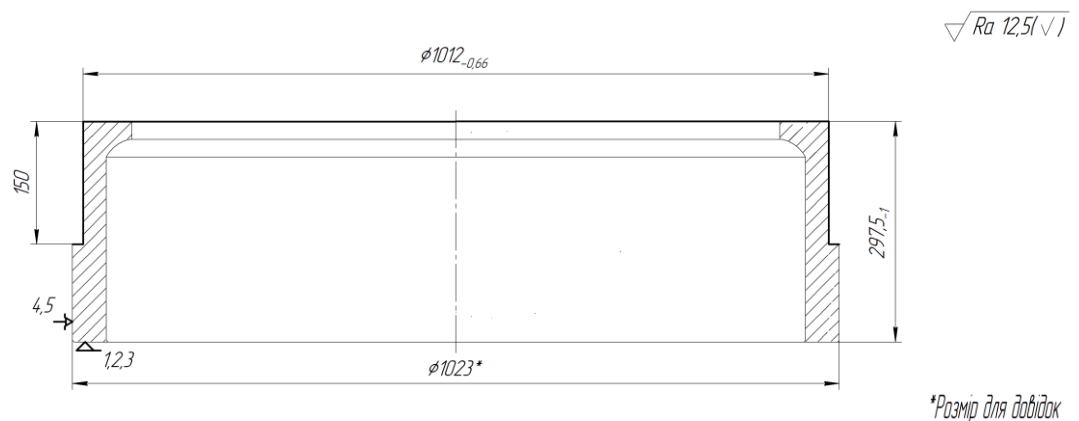


Рисунок 2.1 - Операційний ескіз ( Операція 020)

Ріжучий інструмент :

Різець PCLNL4040-R16 T5K10

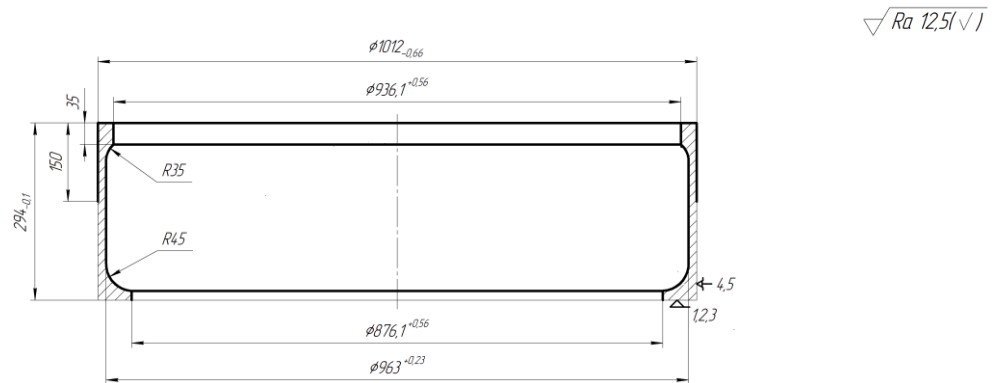
Вимірювальний інструмент:

Штангенциркуль ШЦ-III-1600-0,1 ГОСТ 166-89.

Оснащення: пристосування спеціальне (кулачки d 1023)

025 Токарно – Карусельна .

Обладнання : Верстат 1525



\*Розмір для довідок

Рисунок 2.2 - Операційний ескіз ( Операція 025)

Ріжучий інструмент :

Різець PCLNL-4040R16 T5K10

Різець S40R-PCLER16 T5K10

Спеціальний шаблон R45, R35

Вимірювальний інструмент:

Штангенциркуль ШЦ-III-1600-0,1 ГОСТ 166-89.

Оснащення: пристосування спеціальне (кулачки d 1012)

030 Контрольна ВТК

На даній операції проводиться контроль розмірів деталі, отриманих на операціях 020, 025.

Обладнання: Стіл ВТК.

Вимірювальний інструмент:

Штангенциркуль ШЦ-III-1600-0,1 ГОСТ 166-89.

035 Ультразвукова дефектоскопія.

Обладнання: дефектоскоп РДМ-43Т

Мета: перевірити на дефекти деталь

040Токарно – Карусельна з ЧПК Обладнання: Верстат 1A512Ф4 з системою ЧПК WL4T.

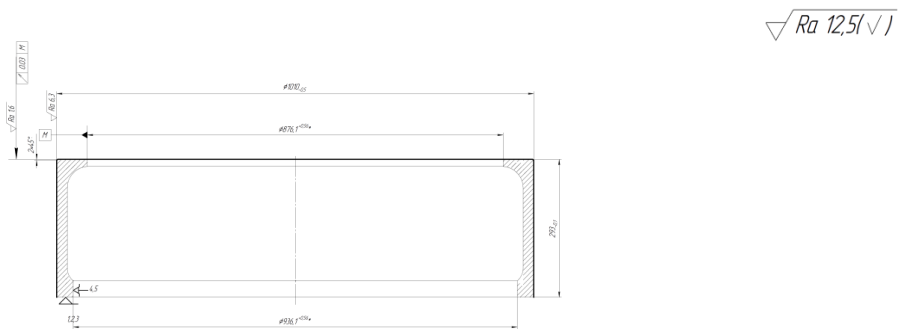


Рисунок 2.3 - Операційний ескіз ( Операція 040

Ріжучий інструмент :

Різець PCLNL4040-R16 T15K6.

Вимірювальний інструмент:

Штангенциркуль ШЦ-III-1600-0,1 ГОСТ 166-89.

Оснащення: пристосування спеціальне (кулачки D 936,1)

045 Контрольна ВТК

На даній операції проводиться контроль розмірів деталі, отриманих на операції 040

Обладнання: Стіл ВТК.

Вимірювальний інструмент:

Штангенциркуль ШЦ-III-1600-0,1 ГОСТ 166-89.

050 Багатоцільова операція з ЧПК

Обладнання : верстат DMG DMF 26

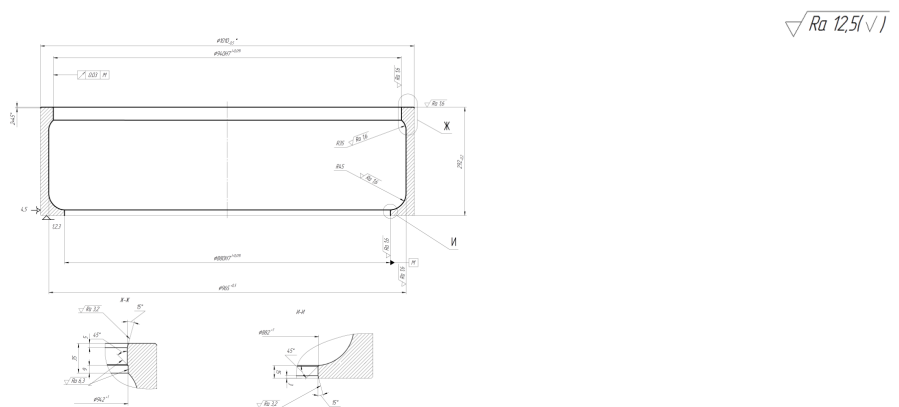
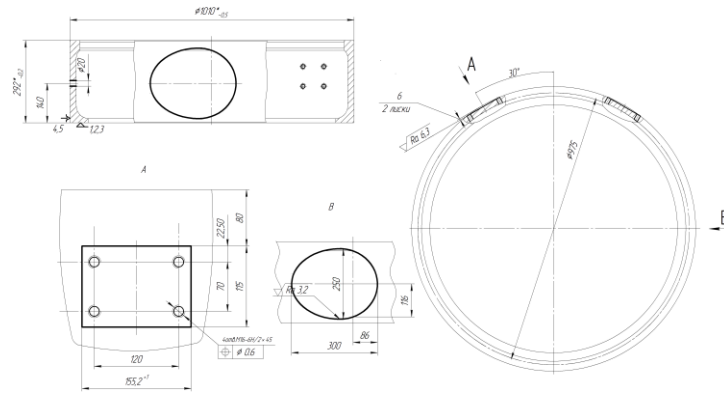
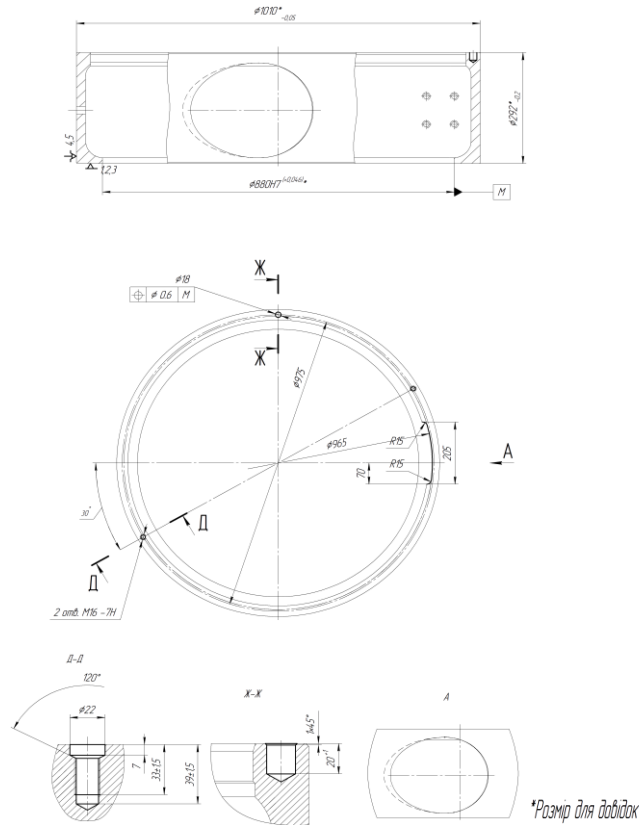


Рисунок 2.4 - Операційний ескіз ( Операція 050)- токарна чистова обробка

$\sqrt{Ra\ 12,5(\sqrt{I})}$ 


\*Розмір для довідок

Рисунок 2.5 - Операційний ескіз ( Операція 050)-розточна обробка

 $\sqrt{Ra\ 12,5(\sqrt{I})}$ 


\*Розмір для довідок

Рисунок 2.6 - Операційний ескіз ( Операція 050)- свердлувальна обробка

Ріжучий інструмент :

Різець PCLNL4040-R16 T15K6

Різець S40R-PCLER16 T14K8

Різець S40R-PCLER16 T15K6

Різець S40R-PRDNR09 T15K6

Різець S40R-PCLER16 T30K4

Свердло 40 2301-0137 ГОСТ 10903-77 T5K10

Фреза кінцева 32 2223-0154 ГОСТ 17026-71 T5K10

Свердло 20 2301-0069 ГОСТ 10903-77 T5K10

Фреза кінцева 36 2223-0158 ГОСТ 17026-71 T5K10

Свердло центр. 5 2005-8700 ГОСТ 20907-88 T5K10

Свердло 14 2301-0046 ГОСТ 10903-77 T5K10

Зенківка 20 2353-0122 ГОСТ 14953-80

Мітчик M16-6H 2621-2841 ГОСТ 3266-81 T5K10

Фреза кінцева 30 2223-1077 ГОСТ 16225-81 T5K10

Свердло центр. 5 2005-8700 ГОСТ 20907-88 T5K10

Свердло 18 2301-0061 ГОСТ 10903-77 T5K10

Зенківка 20 2353-0122 ГОСТ 14953-80

Комбіноване свердло - зенкер T5K10

Вимірювальний інструмент:

Спеціальний шаблон R45 ,R35 ,R15.

Штангенциркуль ШЦ-III-1600-0,1 ГОСТ 166-89

Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,1 ГОСТ 166-89

Нутромір мікрометричний ГОСТ 10-80.

Калібр-пробка M16-6H8054-015 ГОСТ 11756-72

Штангенциркуль ШЦ-II-320-0,1 ГОСТ 166-89.

Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-88.

Калібр - пробка 8054-0015 ГОСТ 11756-72

Оснащення : пристосування спеціальне (кулачки d 1010)

055. Контрольна ВТК

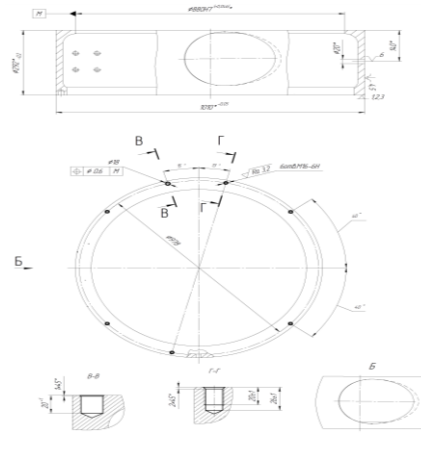
На даній операції проводиться контроль розмірів деталі, отриманих на операції 050

Обладнання: Стіл ВТК.

Вимірювальний інструмент: взятий з операції 050

060 Координатна - розточка з ЧПК

Обладнання : верстат DMG DMF 260



$\sqrt{Ra\ 12,5(\sqrt{1})}$

\*Размір для довідок

Рисунок 2.7 - Операційний ескіз ( Операція 060)

Ріжучий інструмент :

Свердло центр. 5 2005-8700ГОСТ 20907 -88. Т5К10

Свердло 18 2301 -0061ГОСТ 10903-77. Т5К10

Свердло 14 2301-0046ГОСТ 10903-77. Т5К10

Зенківка 2353-0143 ГОСТ 14953-80 Т5К10

Зенківка 2353-0145 ГОСТ 14953-80 Т5К10

Мітчик машинний М16-6Н ГОСТ 3266-80 Т5К10

Вимірювальний інструмент:

Штангенциркуль ШЦ- -125-0,1 ГОСТ 166-88

Калібр пробка М16-6Н 8054-0015 ГОСТ 11756-72.

Оснащення : пристосування спеціальне (кулачки d 1010)

065 Контрольна ВТК

На даній операції проводиться контроль розмірів деталі, отриманих на операції 060

Обладнання: Стіл ВТК.

Вимірювальний інструмент:взятий з операції 060



070 Слюсарна

Обладнання : верстат слюсарний

Прогнати різь , зачистити завусенці

075 Контрольна ВТК

На даній операції проводиться контроль розмірів деталі, отриманих на операції 070

Обладнання: Стіл ВТК.

Вимірювальний інструмент: взятий з операції 070

080 Маркірувальна

На даній операції : Маркувати ударним способом: СумДУ Сталь 20 ГОСТ 1050-88

Обладнання :стіл маркувальника

Інструменти : Комплект літер українського алфавіту СТП 3300-2045-85\*  
Комплект цифр арабських СТП 3300-2047-81\*

Молоток ГОСТ 2310-77\*

## **2.2 Вибір та обґрунтування способу виготовлення вихідної заготовки**

Аналізуючи базову технологію виготовлення деталі камера нагнітання за допомогою методу кування.

Кування - це технологічний процес обробки різних металевих заготовок, спрямований на зміну їх форми і розмірів. Вироби і напівфабрикати, одержувані в результаті кування, називають поковкою

Залежно від наявності або відсутності впливу високих температур розрізняють два види кування - гарячу і холодну. Гаряче кування має на увазі обробку металів, нагрітих до кувальної температури. Штампування - це процес обробки металів тиском, при якому формоутворення деталі здійснюється в спеціалізованому інструменті - штамп; різновид ковальсько-штампувального виробництва [7].

Об'ємна в порівнянні з куванням дозволяє отримувати поковки складнішої конфігурації, що вимагають значно меншої обробки різанням для закінчати оформлення деталі. Кування на кувальних машинах КГШП

Пропонований метод отримання заготовки - кування на кувальних машинах КГШП

Вихідні дані по деталі: Камера нагнітання , матеріал - сталь 20. Маса - 185 кг.

З огляду на тип деталі, її матеріал, масу і конфігурацію поверхонь, приймаю спосіб виготовлення заготовки - штампування на горизонтально-кувальних машинах КГШП, які призначені для отримання заготовок Користуючись ГОСТ 7505-89 [8], визначити:

2.1 Клас точності - Т4

2.2 Група стали М1 . Середня масова частка вуглецю в сталі 20

- С - 0,20%. Сумарна масова частка легуючих елементів: С - 0,17-0,24%, Мп - 0,35-0,65%, Si - 0,17-0,37%.

2.3 Ступінь складності - С - визначається в залежності від чисельного значення відносини Мп / Мф

де: Мп - розрахункова маса поковки

$$M_{п} = M_{д} \times K_{р}$$

маса деталі М<sub>д</sub> = 185 кг.

К<sub>р</sub> - розрахунковий коефіцієнт К<sub>р</sub> = 1,6

$$M_{п} = 185 \times 1,6 = 296(\text{кг}).$$

М<sub>ф</sub> - маса описуємо фігури

$$M_{\phi} = \frac{\pi \times d^2}{4} \times l \times \rho$$

Де : d -  $\phi 1010\text{мм}$ , l - 292мм,  $\rho = 7,8(\frac{\text{г}}{\text{см}^3})$  - густина сталі.

$$M_{\phi} = \frac{3,14 \times 101^2}{4} \times 29,2 \times 7,8 = 18238531\text{г} = 182,85\text{кг}$$

Відношення М<sub>п</sub>/ М<sub>ф</sub> = 296/1823,85 = 0,162 -тому ступінь складності (С3).

Конфігурація поверхні рознімання штампа - плоска: по поздовжній осі деталі і по площині найбільшого діаметра фланця (так як штампування заготовки проводиться на КГШП). Вихідний індекс - 18. Припуски на механічну обробку.

Основні припуски на розміри, мм:

$D_{940}$  мм і чистота поверхні 1,6мкм.

$D_{880}$  мм і чистота поверхні 1,6мкм.

$d_{1010}$  мм і чистота поверхні 6,3мкм.

$L_{292}$  мм і чистота поверхні 1,6мкм.

$l_{24}$  мм і чистота поверхні 1,6мкм.

Додаткові припуски, що враховують:

- зміщення по поверхні рознімання штампа - 0,7 мм

- зігнутість і відхилення від площинності і прямолінійності - 1,0, 1,2 мм

2.7 Розміри поковки; мм.

$\phi_{940} - (4,7 + 1,0) \times 2 = \phi_{928,6\text{мм}}$  – приймаю 929 мм

$\phi_{880} - (4,7 + 1,0) \times 2 = \phi_{868,6\text{мм}}$  – приймаю 869 мм

$\phi_{1010} + (5,1 + 1,2) \times 2 = \phi_{1022,6\text{мм}}$  – приймаю 1023 мм

$L_{292} + (3,8 + 0,7) \times 2 = L_{301\text{мм}}$  – приймаю 301 мм

$l_{24} + 2,7 + 3,8 + 0,7 = l_{31,2\text{мм}}$  – приймаю 31 мм

Таблиця 2.1. Допустимі відхилення розмірів

$\phi_{929}^{+5,3}_{-2,7}$	$\phi_{869}^{+5,3}_{-2,7}$	$\phi_{1023}^{+6,0}_{-3,0}$
$L_{301}^{+4,2}_{-2,1}$	$l_{31}^{+2,7}_{-1,3}$	

Таблиця 2.2. Розрахунок розмірів заготовки

Розмір деталі	Чистота поверхні	Припуск			Розрахунковий розмір заготовки	Приймаючий розмір заготовки	Припуск фактичний
		основний	додатковий	загальний			
Ø 940	1,6	4,7	1,0	5,7	Ø 928,6	Ø929	5,5
Ø880	1,6	4,7	1,0	5,7	Ø868,6	Ø869	5,5
Ø1010	6,3	5,1	1,2	6,3	Ø1022,6	Ø1023	6,5
$L_{292}$	1,6	3,8	0,7	4,5	$L = 301$	$L = 301$	4,5
$l_{24}$	1,6	2,7	0,7	3,4	$l = 31,2$	$l = 31$	3,5

Розрахунок коефіцієнту використання заготовки  $K_{3_2} = \frac{m_d}{m_3} = \frac{185}{296} = 0,62$ .

### 2.3 Розрахунок припусків на обробку поверхні обертання

Метод розрахунку припусків є аналітичним способом

Величина припуску впливає на собівартість виготовлення деталі. При збільшеному припуску підвищуються витрати праці, витрата матеріалу та інші виробничі витрати, а при зменшеному доводиться підвищувати точність заготовки, що також збільшує собівартість виготовлення деталі.

Для отримання деталей більш високої якості необхідно при кожному технологічному переході механічної обробки заготовки передбачати виробничі похибки. Всі ці відхилення повинні знаходитися в межах поля допуску на розмір поверхні заготовки.

Аналітичний метод визначення припусків базується на аналізі виробничих похибок, що виникають при конкретних умовах обробки заготовки. [10]

Згідно завдання проводиться розрахунок припусків аналітичним методом для внутрішньої поверхні тіла обертання  $\phi 940H7$

Метод одержання заготовки поковка штампована на ГKM .При цьому допуски поверхні заготовки складають :  $ES = +5,3$  ,  $EI = -2,7$  .

Маршрут обробки даної поверхні вибирається за [7] с.11, таблиця 5 і зводиться в таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 – Маршрут обробки поверхні  $\phi 940H7$

Найменування операції (переходу)	Квалітет точності IT, мкм	Параметр шероховатості Ra, мкм
Заготівельна	T15	50
Розточування чорнове	H14 <sub>0</sub> <sup>+155</sup>	12,5
Розточування пів-чистове	H12 <sub>0</sub> <sup>+630</sup>	10
Розточування чистове	H9 <sub>0</sub> <sup>+155</sup>	6,3
Розточування тонке	H7 <sub>0</sub> <sup>+63</sup>	1,6

Величина мінімального припуску при обробці зовнішніх і внутрішніх поверхонь (двосторонній припуск) визначається за формулою:

$$2Z_{\min i} = 2 \cdot (R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2}), \quad (2.3)$$

де  $R_{z_{i-1}}$  - висота мікро нерівностей профілю на попередньому переході (операції), мкм;

$h_{i-1}$  - глибина дефектного поверхневого шару на попередньому переході (операції), мкм;

$\rho_{i-1}$  - сумарні значення просторових відхилень форми на попередньому переході (операції), мкм;

$\varepsilon_{yi}$  - похибка установки заготовки на виконуваному переходів

Висота мікро нерівностей  $R_z$  і глибина дефектного шару  $h$  вибираються за таблицями:

- Для заготовки:  $R_z =$  мкм;  $h =$  мкм;

- По переходах:

а) розточування чорнове:  $R_z = 100$  мкм;  $h = 100$  мкм;

б) розточування пів-чистове :  $R_z = 50$  мкм;  $h = 50$  мкм;

в) розточування чистове:  $R_z = 5$  мкм;  $h = 10$  мкм;

г) розточування тонке:  $R_z = 3.2$  мкм;  $h = 5$  мкм.

Сумарне значення просторових відхилень форми заготовки при обробці в патроні отворів

визначається за формулою:

$$\rho_{\zeta\delta\bar{a}} = \rho_{\bar{e}}, \quad (2.3)$$

Величина залишкового сумарного значення просторових відхилень форми заготовки після виконання переходу (операції) визначається за формулою:

$$\rho_i = \rho_{\zeta\delta\bar{a}} \times \hat{E}_{\delta}, \quad (2.4)$$

де  $K_u$  - коефіцієнт уточнення.

$$\rho_{cm} = 5000 \text{ мкм}$$

$$\rho_{екс} = 4500 \text{ мкм}$$

$$\rho_{заг} = \sqrt{\rho_{см}^2 + \rho_{екс}^2} = \sqrt{5000^2 + 4500^2} = 6726,81$$

Коефіцієнт уточнення:

- Для розточування чорнового:  $K_y = 0,06$ ;
- Для розточування пів-чистового :  $K_y = 0,005$ ;
- Для розточування чистового :  $K_y = 0,004$ .

Тоді сумарні значення просторових відхилень форми по переходах рівні:

$$\rho_{чор} = 6726 \times 0,06 = 404 \text{ мкм}$$

$$\rho_{п/ч} \approx 6726 \times 0,05 = 336 \text{ мкм}$$

Елементи припуску заносяться до таблиці.

Підставивши вибрані ( $R_z$ ,  $h$  і  $i$ ) значення в формулу визначаються мінімальні припуски на відповідних переходах:

$$2Z \min_{чорн} = 2 \times (100 + 100 + \sqrt{404^2 + 150^2}) = 1262 \text{ мкм.}$$

$$2Z \min_{п/ч} = 2 \times (50 + 50 + 336) = 872 \text{ мкм.}$$

$$2Z \min_{чист} = 2 \times (5 + 10 + \sqrt{269^2 + 140^2}) = 636 \text{ мкм.}$$

$$2Z \min_{отд} = 2 \times (3,2 + 5) = 16,4 \text{ мкм.}$$

Допуск заготовки  $\delta_{заг}$  визначений в п.1.4 и дорівнює  $\delta_{заг} = 8$  мм ( $ES = 5,3$  мкм;  $EI = -2,7$  мкм).

Допуски по переходам:

- для розточування чорнового:  $\delta_{чорн} = 1,550$  мм ( $ES = 1,550$  мм;  $EI = 0$ );
- для розточування на пів - чистове:  $\delta_{п-ч} = 0,630$  мм ( $ES = 0,630$  мм;  $EI = 0$ );
- для розточування чистового:  $\delta_{чист} = 0,155$  мм ( $ES = 0,155$  мм;  $EI = 0$ );
- для розточування тонкого:  $\delta_{тонк} = 0,063$  мм ( $ES = 0,063$  мм;  $EI = 0$ ).

Розміри отвору після розточування тонкого визначаються за формулами:

$$D_{\min.тонк} = D_{ном.тонк} + EI_{тонк}, \quad (2.5)$$

$$D_{\min.тонк} = 940,0 + 0 = 940,0 \text{ мм},$$

$$D_{\max.тонк} = D_{ном.тонк} + ES_{тонк} \quad (2.6)$$

$$D_{\max.тонк} = 940,0 + 0,063 = 94,063 \text{ мм}$$

Номинальний і максимальний припуски на розточування тонке визначаються за формулами:

$$2Z_{\text{ном.тонк}} = 2Z_{\text{мин.тонк}} + \delta_{\text{чист}}, \quad (2.7)$$

$$2Z_{\text{ном.тонк}} = 0,0164 + 0,155 = 0,171 \text{ мм},$$

$$2Z_{\text{мах.тонк}} = 2Z_{\text{ном.тонк}} + \delta_{\text{тонк}}, \quad (2.8)$$

$$2Z_{\text{мах.тонк}} = 0,171 + 0,063 = 0,234 \text{ мм}.$$

Розміри отвору після розточування чистового визначаються за формулами:

$$D_{\text{мин.чист}} = D_{\text{ном.чист}} = D_{\text{ном.тонк}} - 2Z_{\text{ном.тонк}}, \quad (2.9)$$

$$D_{\text{мин.чист}} = D_{\text{ном.чист}} = 940,0 - 0,171 = 939,829 \text{ мм}.$$

Приймаються номінальний діаметр отвору після розточування чистового 939,829 мм.

$$D_{\text{мах.чист}} = D_{\text{ном.чист}} + Z_{\text{чист}}, \quad (2.10)$$

$$D_{\text{мах.чист}} = 939,829 + 0,155 = 939,984 \text{ мм}.$$

Номінальний і максимальний припуски на розточування чистове визначаються за формулами:

$$2Z_{\text{ном.чист}} = 2Z_{\text{мин.чист}} + \delta_{\text{чорн}}, \quad (2.11)$$

$$2Z_{\text{ном.чист}} = 0,636 + 0,630 = 1,266 \text{ мм},$$

$$2Z_{\text{мах.чист}} = 2Z_{\text{ном.чист}} + \delta_{\text{чист}}, \quad (2.12)$$

$$2Z_{\text{мах.чист}} = 1,266 + 0,155 = 1,421 \text{ мм}.$$

Розміри отвору після розточування чорнового визначаються за формулами:

$$D_{\text{мин.н/ч}} = D_{\text{ном.н/ч}} = D_{\text{ном.чист}} - 2Z_{\text{ном.чист}}, \quad (2.13)$$

$$D_{\text{мин.н/ч}} = D_{\text{ном.н/ч}} = 939,829 - 1,266 = 938,563,$$

$$D_{\text{мах.н/ч}} = D_{\text{ном.н/ч}} + \delta_{\text{н/ч}}, \quad (2.14)$$

$$D_{\text{мах.н/ч}} = 938,563 + 0,630 = 939,193 \text{ мм}.$$

Номінальний і максимальний припуски на розточування пів - чистове визначаються за формулами:

$$2Z_{\text{ном.н/ч}} = 2Z_{\text{мин.н/ч}} + \delta_{\text{ч}}, \quad (2.15)$$

$$2Z_{\text{ном.н/ч}} = 0,872 + 1,550 = 2,422 \text{ мм},$$

$$2Z_{\text{мах.н/ч}} = 2Z_{\text{ном.н/ч}} + \delta_{\text{н/ч}}, \quad (2.16)$$

$$2Z_{\max.n/ч} = 2,422 + 0,630 = 3,052 \text{ мм}.$$

Розміри отвору після розточування чорнового визначаються за формулами:

$$D_{\min.чорн} = D_{\text{ном.чорн}} = D_{\text{ном.п/ч}} - 2Z_{\text{ном.п/ч}}, \quad (2.17)$$

$$D_{\min.чорн} = D_{\text{ном.чорн}} = 938,563 - 2,422 = 936,141 \text{ мм},$$

$$D_{\max.чорн} = D_{\text{ном.чорн}} + \delta_{\text{чорн}}, \quad (2.18)$$

$$D_{\max.чорн} = 936,141 + 1,550 = 937,691 \text{ мм}.$$

Приймаються номінальний діаметр отвору після розточування чорнового 936,141 мм

Номінальний і максимальний припуски на розточування чорнове визначаються за формулами:

$$2Z_{\text{ном.чорн}} = 2Z_{\min.чорн} + ES_{\text{заг}}, \quad (2.19)$$

$$2Z_{\text{ном.чорн}} = 1,262 + 5,3 = 6,562 \text{ мм},$$

$$2Z_{\max.чорн} = 2Z_{\text{ном.чорн}} + \delta_{\text{чорн}} + EI_{\text{заг}}, \quad (2.20)$$

$$2Z_{\max.чорн} = 6,562 + 1,550 + 0 = 8,112 \text{ мм}.$$

Розміри отвору заготовки визначаються за формулами:

$$D_{\text{ном.заг}} = D_{\text{ном.чорн}} + 2Z_{\text{ном.чорн}}, \quad (2.21)$$

$$D_{\text{ном.заг}} = 936,141 - 6,562 = 929,579 \text{ мм}.$$

Приймаються номінальний діаметр отвору заготовки мм.

$$D_{\max.заг} = D_{\text{ном.чорн}} + ES_{\text{заг}}, \quad (2.22)$$

$$D_{\max.заг} = 929,579 + 5,3 = 934,879 \text{ мм},$$

$$D_{\min.заг} = D_{\text{ном.заг}} + EI_{\text{заг}}, \quad (2.23)$$

$$D_{\min.заг} = 929,579 - 2,7 = 926,879 \text{ мм}.$$

Розраховані значення номінальних і максимальних припусків і проміжних розмірів зводяться до таблиці 5.

Розрахунок загального припуску на обробку поверхні проводиться за формулою:

$$2Z_{\text{ном.общ}} = \sum 2Z_{\text{ном.м.о.}}, \quad (2.24)$$



де  $\sum 2Z_{ном.м.о.}$  - сума номінальних між операційних припусків, мм.

$$2Z_{ном} = 0,171 + 1,266 + 2,422 + 6,562 = 10,421 \text{ мм.}$$

Таблиця 2.4- Вихідні та розрахункові дані на заданий розмір

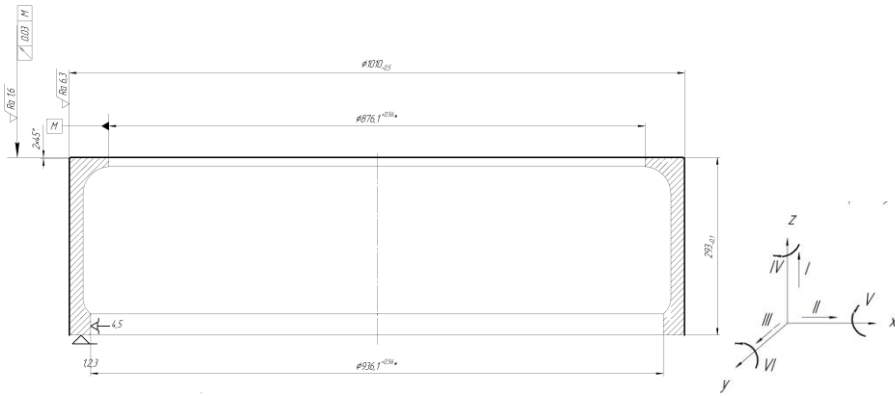
Технологічні операції (переходи)	Елементи припуску, мкм				Розрахунок припусків, мм			Розрахунок розмірів, мм		
	Rz <sub>i-1</sub>	h <sub>i-1</sub>	ρ <sub>i-1</sub>	ε <sub>yi</sub>	2Z <sub>min</sub>	2Z <sub>iii</sub>	2Z <sub>max</sub>	D <sub>min</sub>	D <sub>iii</sub>	D <sub>max</sub>
Заготівельна	-	-	-	-	-	-	-	926,879	929,579	934,879
Розточування чорнове	100	100	404	150	1,262	6,562	8,112	936,141	936,141	937,691
Розточування пів - чистове	50	50	336	-	0,872	2,422	3,052	938,563	938,563	939,193
Розточування чистове	5	10	269	140	0,636	1,266	1,421	939,829	939,829	939,984
Розточування тонке	3,2	5	-	-	0,0164	0,171	0,234	940,0	940,0	940,063

## 2.4 Призначення та обґрунтування схем базування та закріплення заготовки

Для аналізу операцій було обрано три операції.:040 Токарна карусельна з ЧПК. Операція 050 Токарна з ЧПК і операцію 060 Комплексно оброблювальна з ЧПК.

На операції 040 – використовується токарна чистова обробка, по торцю і поверхнева обробка по зовнішньому діаметру д1010. Застосовується токарний верстат с програмним управлінням. Так як деталь має великі габарити то доцільно використовувати токарно – карусельне обладнання, яке дозволяє обробляти певні габарити деталі.

В даній операції деталь установлюється в чотири кулачний патрон на розтиск по внутрішньому діаметру Ø936,1 мм, базуванням в торець кулачків. В даній операції здійснюється чистова обробка повністю по першій стороні по зовнішньому діаметру а по торцю.



\*Розмір для довідок

Рисунок 2.8. - Схема базування деталі на операції 040

Деталь позбавляється 5-ти ступенів вільності. Установочна база - торець деталі, позбавляє деталь 3-х ступенів волі (переміщення по осі z та обертання по осях x та y). Подвійна опорна база  $\varnothing 936,1$  мм затискається кулаками, позбавляє деталь 2-х ступенів волі (переміщення по осях x та y)[11]. Схема повного базування деталі наведена на рисунку 2.8.

Таблиця 2.5.-Зв'язки, забезпечувані базами

База	Забезпечені зв'язки	Позбавлені ступені волі
УБ	1,2,3	I, V, VI
ПОБ	4,5	II, III

Таблиця 2.6.- Матриця зв'язків.

	X	Y	Z	
УБ	0	0	1	$\leftrightarrow$
	1	1	0	$\circ$
ПОБ	1	1	0	$\leftrightarrow$
	0	0	0	$\circ$

На цих тільки двох операціях (050,060) використовується однакове пристосування для затиску деталі. Наприклад на операції 050 деталь ми позбавляємо 5 ступенів волі, а на операції 060 позбавляємо 6 ступенів. Сили затиску діють різні більш детальніше розглянемо далі. Для початку розглянемо рис. 2.9 на якому приведенні операційний ескіз на операцію 050 (Токарну обробку).

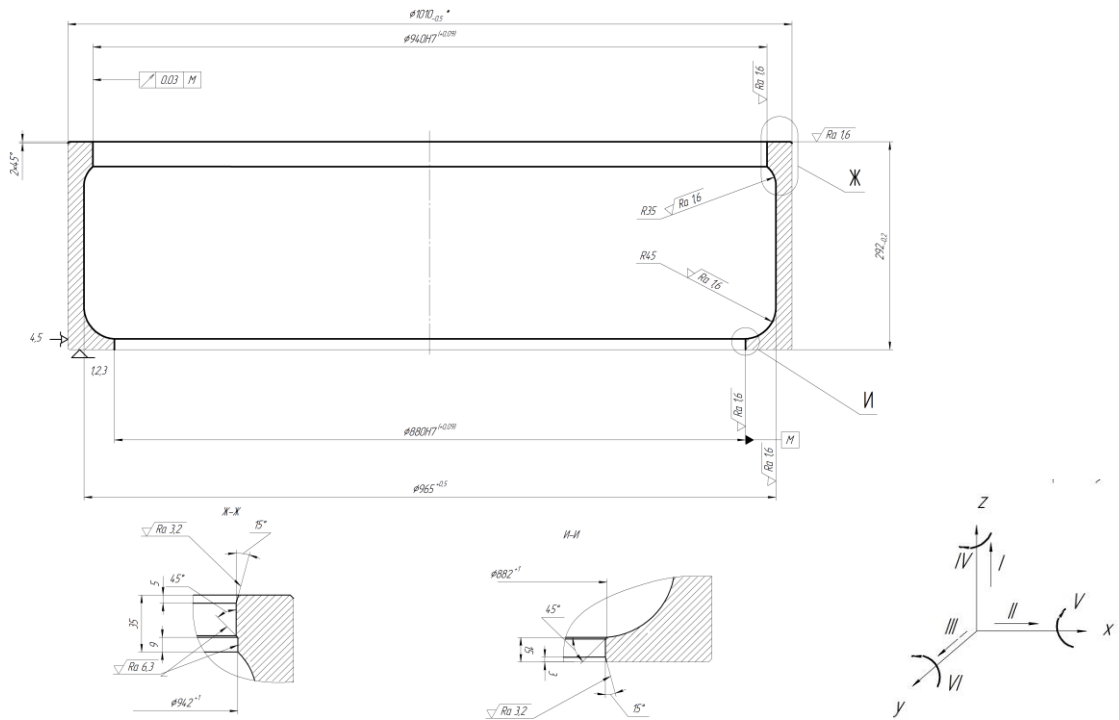


Рисунок 2.9. - Схема базування деталі на операції 050

В даній операції деталь установлюється в пристосування, а саме на самоцентруючи трьох кулачній патрон з пневмо приводом ( докладніше див. пункт 7.)

На даній операції здійснюється токарна (чистова обробка) Деталь позбавляється 5-ти ступенів вільності. Установочна база - торець деталі, позбавляє деталь 3-х ступенів волі (переміщення по осі z та обертання по осях x та y). Подвійна опорна база  $\varnothing 1010$  мм затискається кулаками самоцентруючого патрону, позбавляє деталь 2-х ступенів волі (переміщення по осях x та y)[11]. Схема повного базування деталі наведена на рисунку 2.9

Таблиця 2.5.-Зв'язки, забезпечувані базами

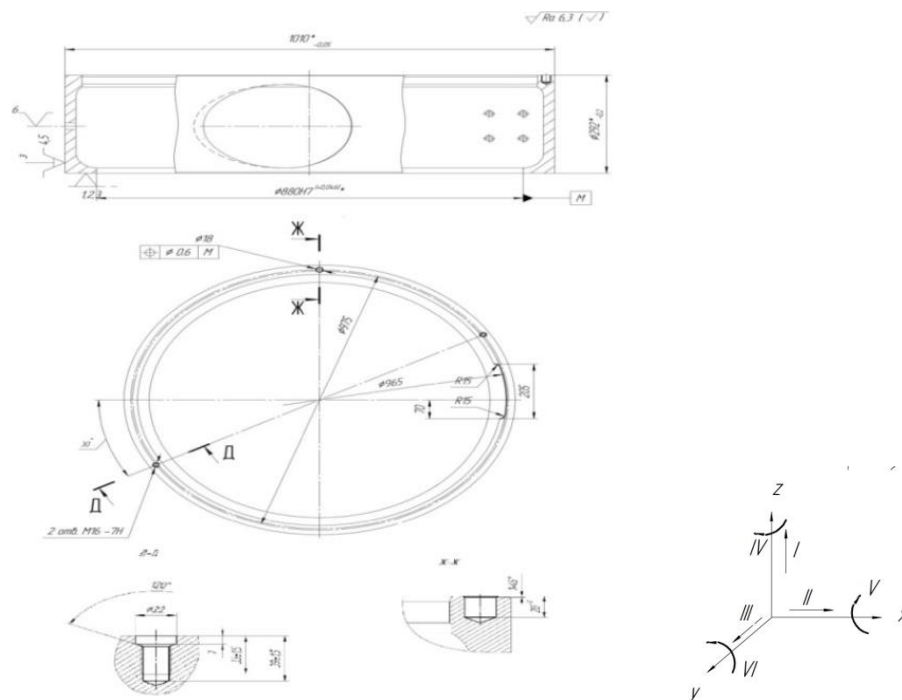
База	Забезпечені зв'язки	Позбавлені ступені волі
УБ	1,2,3	I, V, VI
ПОБ	4,5	II, III

Таблиця 2.6.- Матриця зв'язків.

	X	Y	Z	
УБ	0	0	1	$\leftrightarrow$
	1	1	0	$\circ$
ПОБ	1	1	0	$\leftrightarrow$
	0	0	0	$\circ$

Наступна операція для аналізу схем базування і закріплення є операція 060.  
– комплексно оброблювальна з ЧПК

На даній операції здійснюється багатоцільова обробка деталі (фрезерні та свердловальні операції). Деталь позбавляється 6-ти ступенів вільності. Установочна база торець деталі, позбавляє деталь 3-х ступенів волі (переміщення по осі z та обертання по осях x та y). Подвійна опорна база d1010 мм затискається кулаками само центрую чого патрону, позбавляє деталь 2-х ступенів волі (переміщення по осях x та y). Опорна база отвір  $\phi 20$ , за допомогою фіксатора  $\phi 20$  позбавляє деталь 1-ого ступеню волі обертання навколо осі z [11]. Схема повного базування деталі наведена на рисунку 2.10



\*Розмір для довідок

Рисунок 2.10 - Схема базування деталі на операції 060

Таблиця 2.7 – Зв'язки, забезпечувані базами

База	Забезпечені зв'язки	Позбавлені ступені волі
УБ	1,2,3	I, V, VI
ПОБ	4,5	II, III
ОБ	6	IV

Таблиця 2.8 – Матриця зв'язків.

УБ	X	Y	Z	
	0	0	1	↔
ПОБ	1	1	0	○
	0	0	0	○
ОБ	0	0	0	↔
	0	0	1	○

В пристосуванні заготовка встановлюється на кулачки (установочна та подвійна опорна база), та за допомогою фіксатора  $\phi 20$  позбавляється 6-ого ступеню волі (опорна база).

## 2.5 Обґрунтування та вибір моделей металорізальних верстатів

На операції 050, та 060 - використовується верстат Deckel Maho DMF 260

Даний верстат є дуже продуктивний . Перегородка для поділу робочої зони дозволяє виконувати обробку в економічному «маятниковому» режимі. Висока динаміка, швидкість до 80 м / хв. Обробка по 3 або 5 осях з віссю В і вбудованим столом з ЧПУ [12].

Таблиця 2.9 Технічні характеристики верстата Deckel Maho DMF 260

Параметр	Значення
1	2
Робоча зона X/Y/Z, мм	2600/1100/900
Головний привід	
Частота обертів, об/хв	10000
Потужність (40%), кВт	44
Зажим інструменту	SK50/HSK-A100
Привід подачі	
Прискорений хід X (лінійний), м/хв	40(80)
Прискорений хід Y/Z (лінійний), м/хв	40(60)
Частота подачі (лінійна), мм/хв	40000(80000)
Посилення подачі X/Y/Z, кН	12/10/12
Вимірювальна система для лінійних осей	Пряма (лінійна)
Дискретність, мм	0,001
Точність позиціонування Р(стандарт VDI3441)X/Y/Z, $\mu$ м	10

## Продовження таблиці 2.9

1	2
Інструментальний магазин	
Кількість місць	30
Максимальна вага інструменту, кг	6
Максимальний діаметр інструменту, мм	80
При вільних сусідніх позиціях, мм	130
Максимальна довжина інструменту, мм	300
Робочий стіл	
Розміри жорсткого столу, мм	3200x1100
Інтегрований поворотний стіл з керуванням від ЧПК	
Діаметр, мм	1050
Навантаження на стіл, кг	1200

Також для порівняння можна обрати верстат 1A512Ф4 з системою ЧПК WL4T. Який використовується на операції чистовій.

Операція 040 є Токарно -Карусельна з ЧПК

Верстат 1A512 МФ3

Технічні характеристики:

Верстати моделі 1A512МФ3 оснащені пристроєм числового програмного керування класу CNC і мають розточений повзун перетином 210x210мм, магазин на 7 - 12 інструментів, триступеневий редуктор приводу головного руху з регульованим електродвигуном постійного або змінного струму.

Таблиця 2.10 Технічні характеристики верстата 1A512 МФ3

Параметр	Значення
1	2
Найбільші розміри оброблюваної заготовки	Діаметр 1250 мм Висота 1250 мм
Діаметр планшайби	1120 мм
Найбільша маса оброблюваної заготовки	10000 кг
Найбільша висота перетину різця	50 мм
Найбільша довжина ходу повзуна супорта	800(1250) мм
Кількість інструментальних гнізд в магазині	10 (15) шт
Частота обертання планшайби (регулювання безступінчасте)	1 - 335 (360) * 0, 8 –об/хв

## Продовження таблиці 2.10

Робоча подача супорта по кожній осі (регулювання безступінчасте)	0, 01 - 100 0, 1 – 1000 мм / об мм / хв
Дискретність завдання переміщень по координатам	0,001 мм
Найбільша швидкість настановних переміщень супорта	6000 мм/хв
Найбільше зусилля різання	50 кН
Найбільший крутний момент на планшайба	28(32) кН*м
Потужність приводу головного руху	55(70) кВт
Рівень звуку на робочому місці оператора	80 дБА
Маса:	26 000 кг

## 2.6 Обґрунтування та вибір верстатних пристроїв, різального та вимірювального інструментів

Приведено короткий опис запропонованого технологічного процесу згідно операцій. в якому на кожен операцію розписано обладнання та увесь потрібний інструмент [9].

Технологічний процес виготовлення деталі - камера нагнітання, представлено по операціям :

005 Заготівельна

Вихідна заготовка – штамповка на КГШП

010 Термічна .

Піч газова ТП-61. Гартування 790-820 °С , охолодженням у воді, відпуск 160-200 °С , цементация 920-950°С , охолодження на повітрі.

015 Контрольна ВТК

Перевірити всі отримані на заготівельній операції розміри згідно ескізу.

Вимірювальний інструмент :

Штангенциркуль ШЦ – 3 – 1600 – 0,1 – ГОСТ166-89

020 Токарно - Карусельна

Обладнання : верстат – 1525

Ріжучий інструмент :

Різець PCLNL4040-R16 T5K10

Вимірювальний інструмент:

Штангенциркуль ШЦ-III-1600-0,1 ГОСТ 166-89.

Оснащення: пристосування спеціальне (кулачки Ø 1023)

025 Токарно – Карусельна .

Обладнання : Верстат 1525

Ріжучий інструмент :

Різець PCLNL-4040R16 T5K10

Різець S40R-PCLER16 T5K10

Спеціальний шаблон R45, R35

Вимірювальний інструмент:

Штангенциркуль ШЦ-III-1600-0,1 ГОСТ 166-89.

Оснащення: пристосування спеціальне (кулачки Ø 1012)

030 Контрольна ВТК

На даній операції проводиться контроль розмірів деталі, отриманих на операціях 020, 025.

Обладнання: Стіл ВТК.

Вимірювальний інструмент:

Штангенциркуль ШЦ-III-1600-0,1 ГОСТ 166-89.

035 Ультразвукова дефектоскопія

Обладнання : дефектоскоп РДМ-43Т

Мета : перевірити на дефекти деталь

040 Токарно – Карусельна з ЧПК

Обладнання : верстат 1A512Ф4 з системою ЧПК WL4T

Ріжучий інструмент :

Різець PCLNL4040-R16 T15K6.

Вимірювальний інструмент:

Штангенциркуль ШЦ-III-1600-0,1 ГОСТ 166-89.

Оснащення: пристосування спеціальне (кулачки Ø936,1)

045 Контрольна ВТК

На даній операції проводиться контроль розмірів деталі, отриманих на операції 040



Обладнання: Стіл ВТК.

Вимірювальний інструмент:

Штангенциркуль ШЦ-III-1600-0,1 ГОСТ 166-89.

050 Багатоцільова операція з ЧПК

Обладнання : верстат DMG DMF 260

Ріжучий інструмент :

Різець PCLNL4040-R16 T15K6

Різець S40R-PCLER16 T14K8

Різець S40R-PCLER16 T15K6

Різець S40R-PRDNR09 T15K6

Різець S40R-PCLER16 T30K4

Свердло 2301-0137 ГОСТ 10903-77 P6M5

Фреза кінцева 2223-0154 ГОСТ 17026-71 P6M5

Свердло 2301-0069 ГОСТ 10903-77 P6M5

Фреза кінцева 2223-0158 ГОСТ 17026-71 P6M5

Свердло центр. 2005-8700 ГОСТ 20907-88 P6M5

Свердло 2301-0046 ГОСТ 10903-77 P6M5

Зенківка 2353-0122 ГОСТ 14953-80 P6M5

Мітчик M16-6H 2621-2841 ГОСТ 3266-81 P6M5

Фреза кінцева 2223-1077 ГОСТ 16225-81 P6M5

Свердло центр. 2005-8700 ГОСТ 20907-88 P6M5

Свердло 2301-0061 ГОСТ 10903-77 P6M5

Зенківка 2353-0122 ГОСТ 14953-80 P6M5

Вимірювальний інструмент:

Спеціальний шаблон R45 ,R35 ,R15.

Штангенциркуль ШЦ-III-1600-0,1 ГОСТ 166-89

Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,1 ГОСТ 166-89

Нутромір мікрометричний ГОСТ 10-80.

Калібр-пробка M16-6H8054-015 ГОСТ 11756-72

Штангенциркуль ШЦ-II-320-0,1 ГОСТ 166-89.

Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-88.

Калібр - пробка 8054-0015 ГОСТ 11756-72

Оснащення : пристосування спеціальне (кулачки Ø1010)

055. Контрольна ВТК

На даній операції проводиться контроль розмірів деталі, отриманих на операції 050

Обладнання: Стіл ВТК.

Вимірювальний інструмент: взятий з операції 050

060 Координатна - розточка з ЧПК

Ріжучий інструмент :

Свердло центр. 2005-8700ГОСТ 20907 -88. P6M5

Свердло 2301 -0061ГОСТ 10903-77. P6M5

Свердло 2301-0046ГОСТ 10903-77. P6M5

Зенківка 2353-0143 ГОСТ 14953-80 P6M5

Зенківка 2353-0145 ГОСТ 14953-80 P6M5

Мітчик машинний M16-6H ГОСТ 3266-80 P6M5

Вимірювальний інструмент:

Штангенциркуль ШЦ- -125-0,1 ГОСТ 166-88

Калібр пробка M16-6H 8054-0015 ГОСТ 11756-72.

Оснащення : пристосування спеціальне (кулачки Ø1010)

065 Контрольна ВТК

На даній операції проводиться контроль розмірів деталі, отриманих на операції 060

Обладнання: Стіл ВТК.

Вимірювальний інструмент: взятий з операції 060

070 Слюсарна

Обладнання : верстат слюсарний

Прогнати різь

075 Контрольна ВТК

На даній операції проводиться контроль розмірів деталі, отриманих на операції 070

Обладнання: Стіл ВТК.

Вимірювальний інструмент: взятий з операції 070

080 Маркірувальна

На даній операції :Маркувати ударним способом: Сталь 20 ГОСТ 1050-88.

Обладнання :стіл маркувальника

Інструменти :Комплект літер українського алфавіту СТП 3300-2045- 85\*

Комплект цифр арабських СТП 3300-2047-81\*

Молоток ГОСТ 2310-77\*[9].

## 2.7 Визначення режимів різання

Розрахунок режимів різання приведений для трьох операцій: 040 токарна карусельна з ЧПК виконується на верстаті 1А512Ф4 з системою ЧПК WL4Т, та 050 і 060 обидві операції виконуються на комплексно оброблювальному верстаті DMG DMF 260 який має дуже багато різноманітних можливостей. Також застосовується пристосування на обох операціях .

Розглянемо докладніше операцію 040

040 Токарна – Карусельна з ЧПК (токарна обробка)

На токарна - карусельному верстаті мод. 1А512Ф4 проводиться чистова стадія обробки поверхонь, показаних на рисунку 2.11

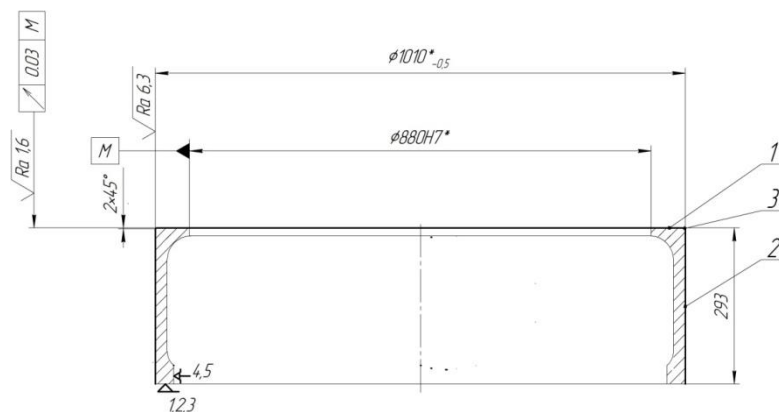


Рисунок 2.11 - Ескіз обробки на операцію

Стадії обробки та глибина різання по стадіям зведені у таблицю 2.20

Таблиця 2.11 - Глибина різання по стадіям на операцію 050

Стадія обробки	Глибина різання на поверхнях, мм	
	РІІ	РІІ
Чистове точіння	1	2,3
Загальний припуск	1	1

Вибір режимів різання по стадіям проводжу по нормативам режимів різання [13].

Розрахунок режимів різання для РІІ.

Чистове точіння поверхні 1

1.Вибираю подачу для чистового точіння  $S_0$  (мм/об) поверхонь з урахуванням поправочних коефіцієнтів.

Для різця №1, який обробляє поверхні при чистового точіння таблична подача, яка обирається в залежності від оброблюваного діаметру – до 500 мм та глибини різання – до 1,5мм, рівна  $S_{om} = 0,4 \text{ мм/об}$  [13].

Поправочні коефіцієнти на подачу [13] в залежності від:

Перетину державки різця  $K_{SD} = 0,8$

Міцність ріжучої частини  $K_{СП} = 0,75$

Механічних властивостей оброблюваного матеріалу  $K_{SM} = 1,0$

Схема установки заготовки  $K_{SY} = 1,2$

Стан поверхні заготовки  $K_{СП} = 1,0$

Геометричні параметри різця  $K_{S\phi} = 1,0$

Жорсткість верстата  $K_{SJ} = 1,0$

Вильоту повзуна карусельного верстата  $K_{SL} = 1,0$

$$K = K_{SD} \cdot K_{СП} \cdot K_{SM} \cdot K_{SY} \cdot K_{СП} \cdot K_{S\phi} \cdot K_{SJ} \cdot K_{SL} \quad (2.25)$$

При цьому  $K = 0,72$  тоді подача для чистового точіння формується по формулі (6.28) буде рівна  $S_o = 0,4 \times 0,72 = 0,29 \text{ мм/об.}$

2. Вибираю швидкість різання  $V_p (\text{м/хв})$  для чистового точіння з урахуванням поправочних коефіцієнтів.

Таблична швидкість різання рівна  $V_T = 140 \text{ м/хв}$  .[13].

Поправочні коефіцієнти на швидкість різання [13] в залежності від:

Групи оброблюваного матеріалу  $K_{VC} = 1,0$

Виду обробки  $K_{VO} = 1,0$

Жорсткості верстату  $K_{VJ} = 1,0$

Механічних властивостей оброблюваного матеріалу  $K_{VM} = 1,0$

Геометричних параметрів різця  $K_{V\phi} = 1,0$

Періоду стійкості ріжучої частини різця  $K_{VT} = 1,0$

Наявності охолодження  $K_{Vж} = 1,0$

Інструментального матеріалу  $K_{VI} = 1,0$

Способу кріплення пластини  $K_{VP} = 1,0$

Розрахункова швидкість різання буде рівна:

$$V_p = V_T \times K \quad (2.26)$$

де  $K$  – добуток всіх поправочних коефіцієнтів швидкості різання даної стадії обробки, тобто:

$$K = K_{VC} \times K_{VO} \times K_{VJ} \times K_{VM} \times K_{V\phi} \times K_{VT} \times K_{Vж} \times K_{VI} \times K_{VP} \quad (2.27)$$

При цьому ,

$K = 1,0$ , тоді розрахункова швидкість різання по формулі (2.28) буде рівна:

$$V_p = 140 \times 1,0 = 140 \text{ м/хв.}$$

3. Визначаю розрахункові частоти обертання шпинделя  $n_r$  на стадію обробки по формулі:

$$n_p = \frac{1000 \times V_p}{\pi \times D}, \text{ об/хв.} \quad (2.29)$$

Пів чистове точіння :

$$n_p = \frac{1000 \times 140}{3,14 \times 1010} = 45, \text{ об/хв.}$$

Розрахункові частоти обертання шпинделя корегую по паспорту верстату і приймаю фактичні частоти обертання шпинделя пф. Так як верстат має безступінчасту коробку частот обертання шпинделя, тому розрахункові частоти обертання шпинделя просто округлюємо до цілих значень з найменшою похибкою для зручності складання керуючої програми:

Чистове точіння поверхні 1,2:  $n_\phi = 46 \text{ об/хв.}$

$$V_\phi = \frac{\pi \times D \times n_p}{1000}, \text{ м/хв} \quad (2.30)$$

На пів чистове точіння поверхні 1,2:

$$V_\phi = \frac{3,14 \times 1010 \times 46}{1000} = 146 \text{ м/хв.}$$

Визначаю хвилинну подачу  $S_M$  (мм/хв..) для стадії користуючись формулою:

$$S_M = S_o \times n_\phi, (\text{мм/хв}) \quad (2.31)$$

де  $S_o$  – подача на оберт, мм/об.

пф – фактична частота обертання шпинделя, об/хв..

Чистове точіння поверхні 1,

$$S_M = 0,29 \times 46 = 14 \text{ мм/хв.}$$

Розрахунок режимів різання для Р1.

Чистове точіння поверхні 2,3:

1.Вибираю подачу для чистового точіння  $S_o$  (мм/об) поверхонь з урахуванням поправочних коефіцієнтів.

Для різця №1, який обробляє поверхні при чистового точіння таблична подача, яка обирається в залежності від оброблюваного діаметру – до 1000 мм та глибини різання – до 1,5мм, рівна  $S_{om} = 0,55 \text{ мм/об}$  [13].

Поправочні коефіцієнти на подачу [13] в залежності від:

Перетину державки різця  $K_{сд} = 0,8$

Міцність ріжучої частини  $K_{сп} = 0,75$

Механічних властивостей оброблюваного матеріалу  $K_{SM} = 1,0$

Схема установки заготовки  $K_{SY} = 1,2$

Стан поверхні заготовки  $K_{СП} = 1,0$

Геометричні параметри різця  $K_{S\phi} = 1,0$

Жорсткість верстата  $K_{SJ} = 1,0$

Вильоту повзуна карусельного верстата  $K_{SL} = 1,0$

$$K = K_{SD} \cdot K_{3П} \cdot K_{SM} \cdot K_{SY} \cdot K_{СП} \cdot K_{S\phi} \cdot K_{SJ} \cdot K_{SL} \quad (2.32)$$

При цьому  $K = 0,72$  тоді подача для чистового точіння формується по формулі (2.28) буде рівна  $S_o = 0,55 \times 0,72 = 0,39 \text{ мм/об.}$

2. Вибираю швидкість різання  $V_p$  (м/хв) для пів чистового точіння з урахуванням поправочних коефіцієнтів.

Таблична швидкість різання рівна  $V_T = 160 \text{ м/хв}$  .[13].

Поправочні коефіцієнти на швидкість різання [13] в залежності від:

Групи оброблюваного матеріалу  $K_{VC} = 1,0$

Виду обробки  $K_{VO} = 1,0$

Жорсткості верстату  $K_{VJ} = 1,0$

Механічних властивостей оброблюваного матеріалу  $K_{VM} = 1,0$

Геометричних параметрів різця  $K_{V\phi} = 1,0$

Періоду стійкості ріжучої частини різця  $K_{VT} = 1,0$

Наявності охолодження  $K_{Vж} = 1,0$

Інструментального матеріалу  $K_{VII} = 1,0$

Способу кріплення пластини  $K_{VP} = 1,0$

Розрахункова швидкість різання буде рівна:

$$V_p = V_T \times K \quad (2.33)$$

де  $K$  – добуток всіх поправочних коефіцієнтів швидкості різання даної стадії обробки, тобто:

$$K = K_{VC} \times K_{VO} \times K_{VJ} \times K_{VM} \times K_{V\phi} \times K_{VT} \times K_{Vж} \times K_{VII} \times K_{VP} \quad (2.34)$$

При цьому ,

$K = 1,0$ , тоді розрахункова швидкість різання по формулі (2.28) буде рівна:

$$V_p = 160 \times 1,0 = 160 \text{ м/хв.}$$

3. Визначаю розрахункові частоти обертання шпинделя при стадію обробки по формулі:

$$n_p = \frac{1000 \times V_p}{\pi \times D}, \text{ об/хв.} \quad (2.35)$$

Чистове точіння :

$$n_p = \frac{1000 \times 160}{3,14 \times 1010} = 50, \text{ об/хв.}$$

Розрахункові частоти обертання шпинделя корегую по паспорту верстату і приймаю фактичні частоти обертання шпинделя пф. Так як верстат має безступінчасту коробку частот обертання шпинделя, тому розрахункові частоти обертання шпинделя просто округлюємо до цілих значень з найменшою похибкою для зручності складання керуючої програми:

Чистове точіння поверхні 1,2:  $n_\phi = 50 \text{ об/хв.}$

$$V_\phi = \frac{\pi \times D \times n_p}{1000}, \text{ м/хв.} \quad (2.36)$$

Чистове точіння поверхні 1,2:

$$V_\phi = \frac{3,14 \times 1010 \times 50}{1000} = 158 \text{ м/хв.}$$

Визначаю хвилинну подачу  $S_M$  (мм/хв..) для стадії користуючись формулою:

$$S_M = S_o \times n_\phi, (\text{мм/хв}) \quad (2.37)$$

де  $S_o$  – подача на оберт, мм/об.

пф – фактична частота обертання шпинделя, об/хв..

Чистове точіння поверхні 1,2

$$S_M = 0,39 \times 50 = 19,5 \text{ мм/хв.}$$



Таблиця 2.12 - Режими різання токарної обробки на операції №040.

Елементи режимів різання	Стадія обробки	
	Точіння	
	Чистове	
	Номери поверхонь	
	1	2,3
Глибина різання $t$ , мм	1	1
Таблична подача $S_{от}$ , мм/об	0,4	0,55
Прийнята подача $S_o$ , мм/об	0,29	0,39
Таблична швидкість різання $V_T$ , м/хв.	140	160
Розрахункова швидкість різання $V_p$ , м/хв.	140	160
Розрахункові оберти шпинделя $n_p$ , об/хв.	45	50
Фактичні оберти шпинделя $n_f$ , об/хв.	46	50
Фактична швидкість різання $V_f$ , м/хв.	146	158
Хвилинна подача $S_m$ , мм/хв.	14	19,5

Розглянемо докладніше операцію 050.

050 Багатоцільова з ЧПК ( токарна обробка).

На багатоцільовому верстаті мод. DMG DMF 260 проводиться чистова стадія обробки поверхонь, показаних на рисунку 2.12

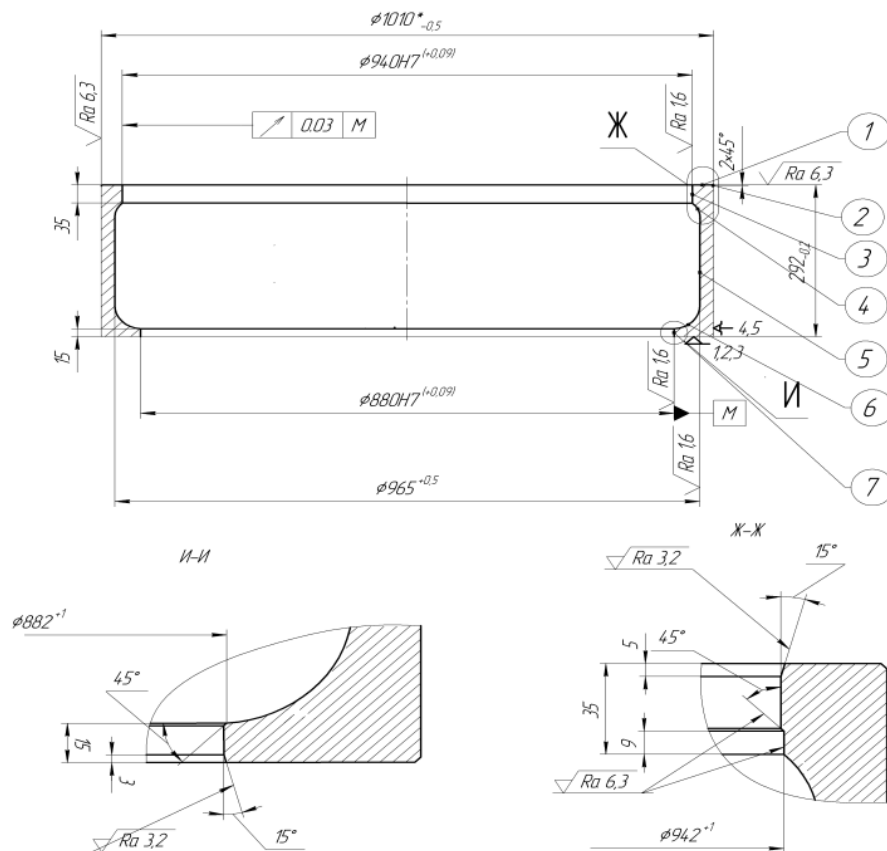


Рисунок 2.12- Ескіз обробки на операцію

Стадії обробки та глибина різання по стадіям зведені у таблицю 2.13

Таблиця 2.13 Стадії обробки та глибина різання по стадіям на операцію 050

Стадія обробки	Глибина різання на поверхнях, мм				
	PI1	PI2	PI3	PI4	PI5
Пів чистове точіння	1	-	-	-	-
Пів чистове розточування	-	1,23	-	1	-
Чистове розточування	-	-	0,63	-	-
Тонке розточування	-	-	-	-	0,08
Загальний припуск	1	1,23	0,63	1	0,08

Вибір режимів різання по стадіям проводжу по нормативам режимів різання [13].

Розрахунок режимів різання для PI1.

Пів чистове точіння поверхні 1,2

1.Вибираю подачу для пів чистового точіння  $S_0$  (мм/об) поверхонь з урахуванням поправочних коефіцієнтів.

Для різця №1, який обробляє поверхні при пів чистового точіння таблична подача, яка обирається в залежності від оброблюваного діаметру – до 500 мм та глибини різання – до 1,5мм, рівна  $S_{om} = 0,88 \text{ мм/об}$  [13].

Поправочні коефіцієнти на подачу [13] в залежності від:

Поправочні коефіцієнти на подачу [13] в залежності від:

Перетину державки різця  $K_{sd} = 0,8$

Міцність ріжучої частини  $K_{sp} = 0,75$

Механічних властивостей оброблюваного матеріалу  $K_{sm} = 1,0$

Схема установки заготовки  $K_{sy} = 1,2$

Стан поверхні заготовки  $K_{sp} = 1,0$

Геометричні параметри різця  $K_{S\varphi} = 1,0$

Жорсткість верстата  $K_{SJ} = 1,0$

Вильоту повзуна карусельного верстата  $K_{SL} = 1,0$

$$K = K_{SD} \cdot K_{3П} \cdot K_{SM} \cdot K_{SY} \cdot K_{СП} \cdot K_{S\varphi} \cdot K_{SJ} \cdot K_{SL} \quad (2.38)$$

При цьому  $K = 0,72$  тоді подача для тонкого розточування по формулі (2.28) буде рівна  $S_o = 0,88 \times 0,72 = 0,63 \text{ мм/об.}$  .

2. Вибираю швидкість різання  $V_p (\text{м/хв})$  для пів чистового точіння з урахуванням поправочних коефіцієнтів.

Таблична швидкість різання рівна  $V_T = 172 \text{ м/хв}$  .[13].

Поправочні коефіцієнти на швидкість різання [13] в залежності від:

Групи оброблюваного матеріалу  $K_{VC} = 1,0$

Виду обробки  $K_{VO} = 1,0$

Жорсткості верстату  $K_{VJ} = 1,0$

Механічних властивостей оброблюваного матеріалу  $K_{VM} = 1,0$

Геометричних параметрів різця  $K_{V\varphi} = 1,0$

Періоду стійкості ріжучої частини різця  $K_{VT} = 1,0$

Наявності охолодження  $K_{Vж} = 1,0$

Інструментального матеріалу  $K_{VI} = 1,0$

Способу кріплення пластини  $K_{VP} = 1,0$

Розрахункова швидкість різання буде рівна:

$$V_p = V_T \times K \quad (2.39)$$

де  $K$  – добуток всіх поправочних коефіцієнтів швидкості різання даної стадії обробки, тобто:

$$K = K_{VC} \times K_{VO} \times K_{VJ} \times K_{VM} \times K_{V\varphi} \times K_{VT} \times K_{Vж} \times K_{VI} \times K_{VP} \quad (2.40)$$

При цьому ,

$K = 1,0$ , тоді розрахункова швидкість різання по формулі (2.28) буде рівна:

$$V_p = 172 \times 1,0 = 172 \text{ м/хв.}$$

3. Визначаю розрахункові частоти обертання шпинделя  $n_p$  на стадію обробки по формулі:

$$n_p = \frac{1000 \times V_p}{\pi \times D}, \text{об/хв.} \quad (2.41)$$

На пів чистове точіння :

$$n_p = \frac{1000 \times 172}{3,14 \times 1010} = 54, \text{об/хв.}$$

Розрахункові частоти обертання шпинделя корегую по паспорту верстату і приймаю фактичні частоти обертання шпинделя  $n_f$ . Так як верстат має безступінчасту коробку частот обертання шпинделя, тому розрахункові частоти обертання шпинделя просто округлюємо до цілих значень з найменшою похибкою для зручності складання керуючої програми:

На пів чистове точіння поверхні 1,2:  $n_f = 54 \text{об/хв.}$

$$V_\phi = \frac{\pi \times D \times n_p}{1000}, \text{м/хв.} \quad (2.42)$$

На пів чистове точіння поверхні 1,2:

$$V_\phi = \frac{3,14 \times 1010 \times 54}{1000} = 172 \text{м/хв.}$$

Визначаю хвилинну подачу  $S_M$  (мм/хв..) для стадії користуючись формулою:

$$S_M = S_o \times n_\phi, (\text{мм/хв}) \quad (2.43)$$

де  $S_o$  – подача на оберт, мм/об.

$n_\phi$  – фактична частота обертання шпинделя, об/хв..

пів чистове точіння поверхні 1,2:

$$S_M = 0,63 \times 54 = 34 \text{мм/хв.}$$

Розрахунок режимів різання для P12.

Пів чистове розточування поверхні 3,7:

1. Вибираю подачу для пів чистового розточування  $S_o$  (мм/об) поверхонь з урахуванням поправочних коефіцієнтів

Для різця №2 таблична подача рівна  $S_{OT} = 0,64 \text{мм/об}$  [13].

Поправочні коефіцієнти на подачу [13] в залежності від:

Механічних властивостей оброблюваного матеріалу  $K_{SM} = 1,0$

Стану поверхні заготовки  $K_{SI} = 1,0$

Вильоту різця (оправки)  $K_{SI} = 1,0$

Геометричних параметрів різця  $K_{S\phi} = 0,95$

Діаметра деталі  $K_{SD} = 1,2$

Способу кріплення пластини  $K_{SP} = 1,0$

Інструментального матеріалу  $K_{Si} = 1,0$

$$K = K_{SM} \times K_{SI} \times K_{SI} \times K_{S\phi} \times K_{SD} \times K_{SP} \times K_{Si} \quad (2.44)$$

При цьому  $K = 1,14$  тоді подача для чистового точіння по формулі (2.44)

буде рівна

2. Вибір швидкості різання  $V_p$ , м/хв..

Вибираю швидкість різання  $V_p$  (м/хв.) з урахуванням поправочних коефіцієнтів.

Для різця №2, який обробляє поверхні таблична швидкість різання рівна

$$V_T = 153 \text{ м/хв.} [13].$$

Поправочні коефіцієнти на швидкість різання [13] в залежності від:

Групи оброблюваного матеріалу  $K_{VC} = 1,0$

Виду обробки  $K_{VO} = 1,0$

Жорсткості верстату  $K_{VJ} = 1,0$

Механічних властивостей оброблюваного матеріалу  $K_{VM} = 1,0$

Геометричних параметрів різця  $K_{V\phi} = 0,95$

Періоду стійкості ріжучої частини різця  $K_{VT} = 1,0$

Наявності охолодження  $K_{Voc} = 1,0$

Розрахункова швидкість різання буде рівна:

$$V_p = V_T \times K \quad (2.45)$$

де  $K$  – добуток всіх поправочних коефіцієнтів швидкості різання даної стадії обробки, тобто:

$$K = K_{VC} \times K_{VO} \times K_{VJ} \times K_{VM} \times K_{V\phi} \times K_{VT} \times K_{VJK} \quad (2.46)$$

При цьому  $K = 0,95$  тоді розрахункова швидкість різання для тонкого розточування по формулі (6.33) буде рівна:  $V_p = 145 \times 0,95 = 138 \text{ м/хв}$ .

3. Визначаю розрахункові частоти обертання шпинделя  $n_p$  на стадію обробки по формулі:

$$n_p = \frac{1000 \times V_p}{\pi \times D}, \text{об/хв.}$$

Пів чистове точіння для діаметру отвору 938,56 мм:

$$n_p = \frac{1000 \times 138}{3,14 \times 938,56} = 46 \text{ об/хв}$$

Корегована частота обертання для поверхні 3 є :  $n_\phi = 46 \text{ об/хв}$

Визначаю швидкість фактичну :

$$V_\phi = \frac{\pi \times D \times n_p}{1000}, \text{м/хв} \quad (2.47)$$

$$V_\phi = \frac{3,14 \times 938,56 \times 46}{1000} = 138 \text{ м/хв}$$

Визначаю хвилинну подачу  $S_M$  за формулою:

$$S_M = S_O \times n_\phi, (\text{мм/хв}) \quad (2.48)$$

$$S_M = 0,72 \times 46 = 33,12 (\text{мм/хв}).$$

Розрахунок режимів різання для РІЗ.

Чистового розточування поверхні 3,7 :

Вибираю подачу для на пів чистового розточування  $S_o$  (мм/об) поверхонь з

урахуванням поправочних коефіцієнтів

Для різця №3 таблична подача рівна  $S_{OT} = 0,29 \text{ мм/об}$  [13].

Поправочні коефіцієнти на подачу [13] в залежності від:

Механічних властивостей оброблюваного матеріалу  $K_{SM} = 1,0$

Вильоту різця (оправки)  $K_{Sl} = 1,0$

Радіуса вершини різця  $K_{Sr} = 1,0$

Квалітету оброблюваної деталі  $K_{SK} = 0,5$

Кінематичного кута в плані  $K_{s\phi k} = 1,0$

Діаметра деталі  $K_{SD} = 1,0$

$$K = K_{SM} \times K_{SI} \times K_{SR} \times K_{SK} \times K_{S\phi k} \times K_{SD} \quad (2.49)$$

При цьому  $K = 0,5$  тоді подача для чистового точіння по формулі (2.49) буде рівна  $S_o = 0,29 \times 0,5 = 0,14 \text{ мм/об.}$

2. Вибір швидкості різання  $V_p$ , м/хв..

Вибираю швидкість різання  $V_p$  (м/хв.) з урахуванням поправочних коефіцієнтів.

Для різця №3, який обробляє поверхні 3,7 таблична швидкість різання рівна

$$V_T = 380 \text{ м/хв. [Л13, с.73, карта 21].}$$

Поправочні коефіцієнти на швидкість різання [13] в залежності від:

Групи оброблюваного матеріалу  $K_{VC} = 1,0$

Виду обробки  $K_{VO} = 1,0$

Жорсткості верстату  $K_{VJ} = 1,0$

Механічних властивостей оброблюваного матеріалу  $K_{VM} = 1,0$

Геометричних параметрів різця  $K_{V\phi} = 0,95$

Періоду стійкості ріжучої частини різця  $K_{VT} = 1,0$

Наявності охолодження  $K_{V\phi c} = 1,0$

Розрахункова швидкість різання буде рівна:

$$V_p = V_T \times K \quad (2.50)$$

де  $K$  – добуток всіх поправочних коефіцієнтів швидкості різання даної стадії обробки, тобто:

$$K = K_{VC} \times K_{VO} \times K_{VJ} \times K_{VM} \times K_{V\phi} \times K_{VT} \times K_{V\phi c} \quad (2.51)$$

При цьому  $K = 0,95$  тоді розрахункова швидкість різання для тонкого розточування по формулі (2.51) буде рівна:  $V_p = 380 \times 0,95 = 361 \text{ м/хв.}$

3. Визначаю розрахункові частоти обертання шпинделя пр на стадію обробки по формулі:

$$n_p = \frac{1000 \times 361}{3,14 \times 939,83} = 122 \text{об/хв}$$

Корегована частота обертання для поверхні 3 є :  $n_\phi = 122 \text{об/хв}$ .

Визначаю швидкість фактичну :

$$V_\phi = \frac{\pi \times D \times n_p}{1000}, \text{ м/хв} \quad (2.52)$$

$$V_\phi = \frac{3,14 \times 939,83 \times 122}{1000} = 360 \text{ м/хв}.$$

Визначаю хвилинну подачу  $S_M$  за формулою:

$$S_M = S_o \times n_\phi, (\text{мм/хв}) \quad (2.53)$$

$$S_M = 0,14 \times 122 = 17,08 (\text{мм/хв})$$

Розрахунок режимів різання для РІ4.

Пів чистове розточування поверхні 4,5,6:

1. Вибираю подачу для пів чистового розточування  $S_o$  (мм/об) поверхонь 3,7 з урахуванням поправочних коефіцієнтів

Для різця №2 таблична подача рівна  $S_{OT} = 0,64 \text{мм/об}$  [13].

Поправочні коефіцієнти на подачу [13] в залежності від:

Механічних властивостей оброблюваного матеріалу  $K_{SM} = 1,0$

Стану поверхні заготовки  $K_{SI} = 1,0$

Вильоту різця (оправки)  $K_{Sl} = 1,0$

Геометричних параметрів різця  $K_{S\phi} = 1,75$

Діаметра деталі  $K_{SD} = 1,2$

Способу кріплення пластини  $K_{SP} = 1,0$

Інструментального матеріалу  $K_{Si} = 1,0$

$$K = K_{SM} \times K_{SI} \times K_{Sl} \times K_{S\phi} \times K_{SD} \times K_{SP} \times K_{Si} \quad (2.54)$$

При цьому  $K = 2,1$  тоді подача для чистового точіння по формулі (3.28) буде рівна  $S_o = 0,64 \times 2,1 = 1,3 \text{мм/об}$ .

2. Вибір швидкості різання  $V_p$ , м/хв..



Вибираю швидкість різання  $V_p$  (м/хв.) з урахуванням поправочних коефіцієнтів.

Для різця №2, який обробляє поверхні 3,7 таблична швидкість різання рівна

$$V_T = 128 \text{ м/хв.} [\text{Л12, с.73, карта 21}].$$

Поправочні коефіцієнти на швидкість різання [13] в залежності від:

Групи оброблюваного матеріалу  $K_{VC} = 1,0$

Виду обробки  $K_{VO} = 1,0$

Жорсткості верстату  $K_{VJ} = 1,0$

Механічних властивостей оброблюваного матеріалу  $K_{VM} = 1,0$

Геометричних параметрів різця  $K_{V\phi} = 1,4$

Періоду стійкості ріжучої частини різця  $K_{VT} = 1,0$

Наявності охолодження  $K_{Vж} = 1,0$

Розрахункова швидкість різання буде рівна:

$$V_p = V_T \times K \quad (2.55)$$

де  $K$  – добуток всіх поправочних коефіцієнтів швидкості різання даної стадії обробки, тобто:

$$K = K_{VC} \times K_{VO} \times K_{VJ} \times K_{VM} \times K_{V\phi} \times K_{VT} \times K_{Vж} \quad (2.56)$$

При цьому  $K = 1,4$  тоді розрахункова швидкість різання для тонкого розточування по формулі (6.33) буде рівна:  $V_p = 128 \times 1,4 = 180 \text{ м/хв.}$

3. Визначаю розрахункові частоти обертання шпинделя пр на стадію обробки по формулі:

$$n_p = \frac{1000 \times V_p}{\pi \times D}, \text{ об/хв}$$

Пів чистове розточування для діаметру отвору  $d = 965$  мм:

$$n_p = \frac{1000 \times 180}{3,14 \times 965} = 60 \text{ об/хв}$$

Корегована частота обертання для поверхні 3 є :  $n_\phi = 60 \text{ об/хв.}$

Визначаю швидкість фактичну :

$$V_{\phi} = \frac{\pi \times D \times n_p}{1000}, \text{ м/хв.} \quad (2.57)$$

$$V_{\phi} = \frac{3,14 \times 965 \times 60}{1000} = 180 \text{ м/хв}$$

Визначаю хвилинну подачу  $S_M$  за формулою:

$$S_M = S_o \times n_{\phi}, (\text{мм/хв}) \quad (2.58)$$

$$S_M = 1,3 \times 60 = 78 (\text{мм/хв})$$

Розрахунок режимів різання для P15.

Віділочного ( тонкого ) розточування поверхні 3,7 :

Вибираю подачу для пів чистового розточування  $S_o$  (мм/об) поверхонь з урахуванням поправочних коефіцієнтів

Для різця №5 таблична подача рівна  $S_{om} = 0,10 \text{ мм/об}$  [13].

Поправочні коефіцієнти на подачу [13] в залежності від:

Механічних властивостей оброблюваного матеріалу  $K_{SM} = 1,0$

Вильоту різця (оправки)  $K_{Sl} = 1,0$

Радіуса вершини різця  $K_{Sr} = 1,0$

Квалітету оброблюваної деталі  $K_{SK} = 0,5$

Кінематичного кута в плані  $K_{S\phi K} = 1,0$

Діаметра деталі  $K_{SD} = 1,0$

$$K = K_{SM} \times K_{Sl} \times K_{Sr} \times K_{SK} \times K_{S\phi K} \times K_{SD} \quad (2.59)$$

При цьому  $K = 0,5$  тоді подача для чистового точіння по формулі (2.59)

буде рівна  $S_o = 0,10 \times 0,5 = 0,05 \text{ мм/об}$ .

2. Вибір швидкості різання  $V_p$ , м/хв..

Вибираю швидкість різання  $V_p$  (м/хв.) з урахуванням поправочних коефіцієнтів.

Для різця №5, який обробляє поверхні таблична швидкість різання рівна

$V_T = 487 \text{ м/хв}$ . [Л13, с.73, карта 21].

Поправочні коефіцієнти на швидкість різання [13] в залежності від:

Групи оброблюваного матеріалу  $K_{VC} = 1,0$

Виду обробки  $K_{VO} = 1,0$

Жорсткості верстату  $K_{VJ} = 1,0$

Механічних властивостей оброблюваного матеріалу  $K_{VM} = 1,0$

Геометричних параметрів різця  $K_{V\phi} = 0,95$

Періоду стійкості ріжучої частини різця  $K_{VT} = 1,0$

Наявності охолодження  $K_{Vж} = 1,0$

Розрахункова швидкість різання буде рівна:

$$V_P = V_T \times K \quad (2.60)$$

де  $K$  – добуток всіх поправочних коефіцієнтів швидкості різання даної стадії обробки, тобто:

$$K = K_{VC} \times K_{VO} \times K_{VJ} \times K_{VM} \times K_{V\phi} \times K_{VT} \times K_{Vж} \quad (2.61)$$

При цьому  $K = 0,95$  тоді розрахункова швидкість різання для тонкого розточування по формулі (6.53) буде рівна:  $V_P = 390 \times 0,95 = 370 \text{ м/хв}$ .

3. Визначаю розрахункові частоти обертання шпинделя пр на стадію обробки по формулі:

$$n_P = \frac{1000 \times 370}{3,14 \times 940} = 125 \text{ об/хв}$$

Корегована частота обертання для поверхні 3 є :  $n_\phi = 125 \text{ об/хв}$ .

Визначаю швидкість фактичну :

$$V_\phi = \frac{\pi \times D \times n_P}{1000}, \text{ м/хв} \quad (2.62)$$

$$V_\phi = \frac{3,14 \times 940 \times 125}{1000} = 368 \text{ м/хв}.$$

Визначаю хвилинну подачу  $S_M$  за формулою:

$$S_M = S_O \times n_\phi, (\text{мм/хв}) \quad (2.63)$$

$$S_M = 0,05 \times 125 = 6,25 (\text{мм/хв})$$

Всі вибрані по нормативам режими різання заносу в таблицю 2.14

Таблиця 2.14 - Режими різання токарної обробки на Багатоцільовій операції №050.

Елементи режимів різання	Стадія обробки				
	Точіння	Розточування			
	Пів чистове	На пів чистове	Чистове	Тонке	
	Номери поверхонь				
	1,2	0,7	4,5,6	3,7	3,7
Глибина різання $t$ , мм	1	0,23	1	0,63	0,08
Таблична подача $S_{от}$ , мм/об	0,88	0,64	0,64	0,29	0,10
Прийнята подача $S_0$ , мм/об	0,63	0,72	1,3	0,14	0,05
Таблична швидкість різання $V_T$ , м/хв.	210	53	128	380	487
Розрахункова швидкість різання $V_p$ , м/хв.	172	38	180	361	390
Розрахункові оберти шпинделя $n_p$ , об/хв.	54	6	60	122	125
Фактичні оберти шпинделя $n_f$ , об/хв.	54		60	122	125
Фактична швидкість різання $V_f$ , м/хв.	172	38	180	360	368
Хвилинна подача $S_m$ , мм/хв.	34,02	3,12	78	17,08	6,25

Розглянемо наступну операцію 060 Координатна – розточка з ЧПК. Верстат. DMG DMF 260. Система ЧПК WL4M . На цій операції проводиться свердлування , зенкування , нарізування різи на указаних поверхнях, показаних на рисунку 2.13

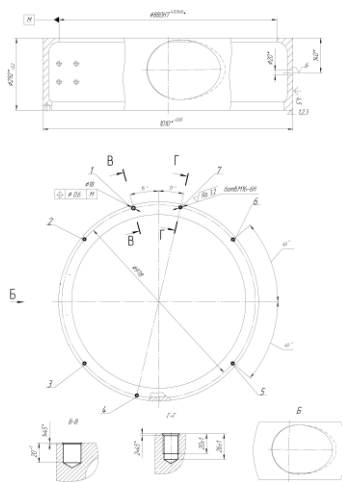


Рисунок 2.13 - Операційний ескіз операції 060

Стадії обробки та глибина різання по стадіям зведені у таблицю 2.15

- для поверхонь під номерами 2,3,4,5,6,7 ,ця поверхонь є M16 - 6 Н

Послідовність інструментів є така: 1,3,4,6.

Таблиця 2.15 - Стадії обробки та глибина різання по стадіям на операцію

Стадія обробки	Глибина різання , мм			
	PI1	PI3	PI4	PI6
Центрування	2,5	-	-	-
Свердлування	-	7	-	-
Зенкування	-	-	2	-
Нарізання різі	-	-	-	2

Стадії обробки та глибина різання по стадіям зведені у таблицю 2.23 для поверхні під номером 1 ,ця поверхонь є отвір Ø18 мм з фаскою 1×45

Послідовність інструментів є така: 1,2,5

Таблиця 2.16. - Стадії обробки та глибина різання по стадіям на операцію

Стадія обробки	Глибина різання , мм		
	PI1	PI2	PI5
Центрування	2,5	-	-
Свердлування	-	9	-
Зенкування	-	-	1

Розрахунок режимів різання для PI1 - Свердло ГОСТ 14952-75 T5K10

Центрування при діаметрі центрувального свердла  $D = 5$  мм.  $t = D \div 2 = 2.5$  мм  
 відношення довжини робочої частини свердла до діаметру  $l/D = 1,5$  найближчі великі табличні значення  $D_T = 5$  мм;  $(l/D) = 3$  Для цих значень по [13] визначають  $S_{0T} = 0,15$  мм / об;  $v_T = 26,5$  м / хв;  $N_T = 0,40$  кВт;  $P_T = 1156$  Н

Величини частот обертання шпинделя для табличних значень швидкості різання визначають за формулою

$$n_T = \frac{1000 \cdot v_T}{\pi \cdot D_T} = \frac{1000 \cdot 26,5}{3,14 \cdot 5} = 1687 \quad (\text{об/хв})$$

Табличні значення режимів різання коригують залежно від змін умов роботи за формулами коригування, наведених в [13]. Значення поправочних коефіцієнтів вибирають з [13].

Подачу коригують за формулою

$$S_c = S_{от} \cdot K_{SM} \quad [13]$$

Коефіцієнт  $K_{SM}$  вибирають по [13]

Для вуглецевої сталі (НВ= 1421 МПа)

$$K_{SM} = 1,3$$

З урахуванням коефіцієнта :

$$S_o = 0,15 \cdot 1,3 = 0,195 \text{ мм/об.}$$

Швидкість коригують за формулою:

$$v = v_T \cdot K_{v_M} \cdot K_{v_3} \cdot K_{v_{ж}} \cdot K_{v_T} \cdot K_{v_W} \cdot K_{v_{и}} \cdot K_{v_l}$$

по [Л13 (карті 53)] вибирають коефіцієнти:

$$K_{v_{и}} = 1,3 \text{ (для вуглецевої сталі НВ= 1450 Мпа).}$$

$$K_{v_3} = 1,0 \text{ (нормальна форма заточки інструмента);}$$

$$K_{v_{ж}} = 1,0 \text{ (обробка з охолодженням);}$$

$$K_{v_T} = 1,0 (T_{\phi} / T_{н} = 1,0);$$

$$K_{v_W} = 0,8 \text{ (стан оброблюваної поверхні - поковка);}$$

$$K_{v_{и}} = 1,43 \text{ (матеріал інструмента - твердий сплав);}$$

$$K_{v_l} = 1,0 \text{ (Свердло);}$$

$$v = 26,5 \cdot 1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,43 \cdot 1,0 = 39 \text{ (м/хв)}$$

Скореговану частоту обертання шпинделя розраховують за формулою :

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 39}{3,14 \cdot 5} = 2484 \text{ (об/хв)}$$

Значення хвилинної подачі  $S_m$  визначаю за формулою

$$S_{xв} = S_o \cdot n = 0,195 \cdot 2484 = 484 \text{ (м/хв).}$$

Розраховуємо основний час:

$$T_o = L / S_{xв}$$

де  $L$  = довжина ходу інструмента :

$$L = l + y + \Delta$$

$y=0,3 \times D$  – величина урізування інструменту в матеріал  $\Delta$

$l$  – довжина отвору

$\Delta$  – величина пербігання інструмента

$\Delta=1 \dots 3$  – для наскрізних отворів

$\Delta=0$  – для глухих отворів

$$L = 2 + 2 + 0 = 4 \text{ мм}$$

$$T_o = L / S_{\text{хв}} = 4 / 484 = 0,0083 \text{ хв}$$

Оскільки кількість отворів - 7, то :

$$T_o = 0,0083 \times 7 = 0,0581 \text{ хв.}$$

Розрахунок режимів різання для РІ2- Свердло 2301 -0061 ГОСТ 10903-77.Р6М5

Свердління при діаметрі свердла  $D=18$  мм.  $t=D \div 2=9$  мм відношення довжини робочої частини свердла до діаметру  $l/D= 7,2$  найближчі великі табличні значення  $D_T= 18$  мм;  $(l/D) = 8$  .Для цих значень [13] визначають  $S_{ot} = 0,30$  мм / об;  $v_T = 20$  м / хв;  $N_T = 1,45$  кВт;  $P_T = 6218$  Н

Величини частот обертання шпинделя для табличних значень швидкості різання визначають за формулою

$$n_r = \frac{1000 \cdot v_T}{\pi \cdot D_T} = \frac{1000 \cdot 20}{3.14 \cdot 18} = 353 \text{ (об/хв)}$$

Табличні значення режимів різання коригують залежно від змін умов роботи за формулами коригування, наведених в [13] Значення поправочних коефіцієнтів вибирають з карти [13].

Подачу коригують за формулою  $S_c = S_{ot} \cdot K_{SM}$  [13]

Коефіцієнт  $K_{SM}$  вибирають по [13]

Для вуглецевої сталі ( $HV= 1421$  МПа)  $K_{SM} = 1,3$

З урахуванням коефіцієнта  $S_o=0,30 \times 1,3=0,39$  мм/об

Швидкість коригують за формулою

$$v = v_T \cdot K_{v_M} \cdot K_{v_3} \cdot K_{v_{ж}} \cdot K_{v_T} \cdot K_{v_W} \cdot K_{v_H} \cdot K_{v_I}$$

По [13] вибирають коефіцієнти:

$$K_{v_n} = 1,3 \text{ (для вуглецевої сталі НВ= 1450 Мпа).}$$

$$K_{v_3} = 1,0 \text{ (нормальна форма заточки інструмента);}$$

$$K_{v_j} = 1,0 \text{ (обробка з охолодженням);}$$

$$K_{v_T} = 1,0 (T_{\phi} / T_n = 1,0);$$

$$K_{v_w} = 0,8 \text{ (стан оброблюваної поверхні - поковка);}$$

$$v = 20 \cdot 1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,43 \cdot 1,0 = 30 \text{ (м/хв)}$$

Скореговану частоту обертання шпинделя розраховують за формулою

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 30}{3,14 \cdot 18} = 530 \text{ (об/хв)}$$

Значення хвилинної подачі  $S_m$  визначаю за формулою

$$S_{xb} = S_o \cdot n = 0,39 \cdot 530 = 206 \text{ (м/хв).}$$

Розраховуємо основний час:

$$T_o = L / S_{xb}$$

де  $L$  = довжина ходу інструмента :

$$L = l + y + \Delta$$

$y = 0,3 \times D$  – величина урізування інструмента

$l$  – довжина отвору

$\Delta$  – величина пербігання інструмента

$\Delta = 1 \dots 3$  – для наскрізних отворів

$\Delta = 0$  – для глухих отворів

$$L = 20 + 2 + 0 = 22 \text{ мм}$$

$$T_o = L / S_{xb} = 22 / 206 = 0,107 \text{ хв}$$

Розрахунок режимів різання для РІЗ - Свердло 2301-0046 ГОСТ 10903-77.

Р5М5

Свердління при діаметрі свердла  $D = 14$  мм  $t = D \div 2 = 7$  мм відношення довжини робочої частини свердла до діаметру  $l/D = 7,2$  найближчі великі



табличні значення  $D_T = 18$  мм;  $(l/D) = 8$ . Для цих значень по [13], визначають  $S_{OT} = 0,29$  мм / об;  $v_T = 21$  м / хв;  $N_T = 1,1$  кВт;  $P_T = 4866$  Н

Величини частот обертання шпинделя для табличних значень швидкості різання визначають за формулою

$$n_T = \frac{1000 \cdot v_T}{\pi \cdot D_T} = \frac{1000 \cdot 21}{3,14 \cdot 18} = 477 \text{ (об/хв)}$$

Табличні значення режимів різання коригують залежно від змін умов роботи за формулами коригування, наведених в [13]. Значення поправочних коефіцієнтів вибирають з [13].

Подачу коригують за формулою :

$$S_c = S_{OT} \cdot K_{SM}$$

Коефіцієнт  $K_{SM}$  вибирають по [13].

Для вуглецевої сталі ( $HV = 1421$  МПа)  $K_{SM} = 1,3$

З урахуванням коефіцієнта :

$$S_c = 0,29 \times 1,3 = 0,377 \text{ мм / об}$$

Швидкість коригують за формулою:

$$v = v_T \cdot K_{v_M} \cdot K_{v_3} \cdot K_{v_{ж}} \cdot K_{v_T} \cdot K_{v_W} \cdot K_{v_{HI}} \cdot K_{v_i}$$

По [13]. вибирають коефіцієнти:

$K_{v_3} = 1,0$  (нормальна форма заточки інструмента);

$K_{v_{ж}} = 1,0$  (обробка з охолодженням);

$K_{v_T} = 1,0$  ( $T_\phi / T_H = 1,0$ );

$K_{v_W} = 0,8$  (стан оброблюваної поверхні - поковка);

$K_{v_{HI}} = 1,43$  (матеріал інструмента - твердий сплав);

$$v = 21 \cdot 1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,43 \cdot 1,0 = 31 \text{ (м/хв)}$$

Скореговану частоту обертання шпинделя розраховують за формулою

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 31}{3,14 \cdot 18} = 705 \text{ (об/хв)}$$

Значення хвилинної подачі  $S_m$  визначаю за формулою

$$S_{\text{хв}} = S_o \cdot n = 0,37 \cdot 705 = 260(\text{м/хв}).$$

Розраховуємо основний час

$$T_o = L / S_{\text{хв}}$$

де  $L$  = довжина ходу інструмента :

$$L = l + y + \Delta$$

$y = 0,3 \times D$  – величина урізування інструмента

$l$  - довжина отвору

$\Delta$  – величина перебігання інструмента

$\Delta = 1 \dots 3$  – для наскрізних отворів

$\Delta = 0$  - для глухих отворів

$$L = 26 + 2 + 0 = 28 \text{ мм}$$

$$T_o = L / S_{\text{хв}} = 28 / 260 = 0,108 \text{ хв}$$

Оскільки кількість отворів - 6, то :

$$T_o = 0,108 \times 6 = 0,648 \text{ хв.}$$

Розрахунок режимів різання для РІ4 - Зенківка 2353-0143 ГОСТ 14953-80.

Р6М5

Зенкування при діаметрі зенкера  $D = 18$  мм.  $t = (D - d) \div 2 = 2$  мм. Для цих значень по [13] визначають  $S_{om} = 0,09$  мм / об;  $v_T = 15$  м / хв;  $N_m = 0,57$  кВт;  $P_m = 120$  Н

Величини частот обертання шпинделя для табличних значень швидкості різання визначають за формулою

$$n_T = \frac{1000 \cdot v_T}{\pi \cdot D_T} = \frac{1000 \cdot 15}{3,14 \cdot 18} = 265 \quad (\text{об/хв})$$

Табличні значення режимів різання коригують залежно від змін умов роботи за формулами коригування, наведених в [13]. Значення поправочних коефіцієнтів вибирають з [13]. .

Подачу коригують за формулою :

$$S_c = S_{ot} \cdot K_{SM}$$

Коефіцієнт  $K_{SM}$  вибирають по [13].

Для вуглецевої сталі (HB= 1421 МПа)  $K_{SM} = 1,3$

З урахуванням коефіцієнта :

$$S_o = 0,09 \cdot 1,3 = 0,12 (\text{мм/об})$$

Швидкість коригують за формулою

$$v = v_T \cdot K_{v_M} \cdot K_{v_3} \cdot K_{v_{ж}} \cdot K_{v_T} \cdot K_{v_W} \cdot K_{v_{H}} \cdot K_{v_I}$$

По карті 53 вибирають коефіцієнти:

$$K_{v_H} = 1,3 \text{ (для вуглецевої сталі HB= 1450 Мпа).}$$

$$K_{v_3} = 1,0 \text{ (нормальна форма заточки інструмента);}$$

$$K_{v_{ж}} = 1,0 \text{ (обробка з охолодженням);}$$

$$K_{v_T} = 1,0 (T_{\phi} / T_H = 1,0);$$

$$K_{v_W} = 0,8 \text{ -(стан оброблюваної поверхні - поковка);}$$

$$K_{v_I} = 1,43 \text{ (матеріал інструмента - твердий сплав);}$$

$$v = 15 \cdot 1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,43 \cdot 1,0 = 22 (\text{м/хв})$$

Скореговану частоту обертання шпинделя розраховують за формулою

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 22}{3,14 \cdot 18} = 389 (\text{об/хв})$$

Значення хвилинної подачі  $S_m$  визначаю за формулою

$$S_{xв} = S_o \cdot n = 0,12 \cdot 389 = 46,68 (\text{м/хв}).$$

Розраховуємо основний час:

$$T_o = L / S_{xв}$$

де  $L$  = довжина ходу інструмента :

$$L = l + y + \Delta$$

$y = 0,3 \times D$  – величина урізування інструмента

$l$  - довжина отвору

$\Delta$  – величина пербігання інструмента

$\Delta = 1 \dots 3$  – для наскрізних отворів

$\Delta = 0$  - для глухих отворів

$$L = 21 + 2 + 0 = 23 (\text{мм})$$

$$T_o = L / S_{XB} = 23 / 46,68 = 0,493 \text{ хв}$$

Оскільки кількість отворів - 6, то :

$$T_o = 0,493 \times 6 = 2,956 \text{ хв.}$$

Розрахунок режимів різання для РІ5 - Зенківка 2353-0145 ГОСТ 14953-80.  
Р6М5

Зенкування при діаметрі зенкера  $D = 20$  мм.  $t = (D - d) \div 2 = 1$  мм. Для цих значень по [13]. визначають  $S_{OT} = 0,09$  мм / об;  $v_T = 16$  м / хв;  $N_T = 0,50$  кВт;  $P_T = 240$  Н

Величини частот обертання шпинделя для табличних значень швидкості різання визначають за формулою

$$n_r = \frac{1000 \cdot v_T}{\pi \cdot D_T} = \frac{1000 \cdot 16}{3,14 \cdot 20} = 255 (\text{об} / \text{хв})$$

Табличні значення режимів різання коригують залежно від змін умов роботи за формулами коригування, наведених в [13]. Значення поправочних коефіцієнтів вибирають з [13].

Подачу коригують за формулою :

$$S_c = S_{OT} \cdot K_{SM} [13].$$

Коефіцієнт  $K_{SM}$  вибирають по карті 53, лист 1.

Для вуглецевої сталі (НВ= 1421 МПа)  $K_{SM} = 1,3$

З урахуванням коефіцієнта:  $S_o = 0,09 \times 1,3 = 0,12$  (мм/об).

Швидкість коригують за формулою:

$$v = v_T \cdot K_{v_M} \cdot K_{v_3} \cdot K_{v_{ж}} \cdot K_{v_T} \cdot K_{v_W} \cdot K_{v_{II}} \cdot K_{v_I}$$

По карті 53 вибирають коефіцієнти:

$$K_{v_{II}} = 1,3 \text{ (для вуглецевої сталі НВ= 1450 Мпа).}$$

$$K_{v_3} = 1,0 \text{ (нормальна форма заточки інструмента);}$$

$$K_{v_{ж}} = 1,0 \text{ (обробка з охолодженням)}$$

$$K_{v_W} = 0,8 \text{ (стан оброблюваної поверхні - поковка)}$$

$K_{vh} = 1,43$  ( матеріал інструмента - твердий сплав ) ;

$$v = 16 \cdot 1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,43 \cdot 1,0 = 24 \text{ (м/хв)}$$

Скореговану частоту обертання шпинделя розраховують за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 24}{3,14 \cdot 20} = 382 \text{ (об/хв)}$$

Значення хвилинної подачі  $S_m$  визначаю за формулою

$$S_{xb} = S_o \cdot n = 0,12 \cdot 382 = 45,84 \text{ (м/хв)}.$$

Розраховуємо основний час:

$$T_o = L / S_{xb}$$

де  $L$  = довжина ходу інструмента :

$$L = l + y + \Delta$$

$y = 0,3 \times D$  – величина урізування інструмента

$l$  - довжина отвору

$\Delta$  – величина пербігання інструмента

$\Delta = 1 \dots 3$  – для наскрізних отворів

$\Delta = 0$  - для глухих отворів

$$L = 22 + 2 + 0 = 24 \text{ мм}$$

$$T_o = L / S_{xb} = 24 / 45,84 = 0,523 \text{ хв}$$

Розрахунок режимів різання для РІ6 - Мітчик машинний М16 ГОСТ 3266-80.

Нарізання різи машинним мітчиком М16,  $t=2$  мм . 3 [13] визначаю:

$$S_{mo} = 2 \text{ мм/ об}; v = 12 / \text{хв}; N_m = 0,78; P_m = 55$$

Табличні значення режимів різання коригують залежно від змін умов роботи за формулами

коригування, наведених в [13]. Значення поправочних коефіцієнтів вибирають з [13].

Коефіцієнт  $K_{SM}$  вибирають по [13].

Для вуглецевої сталі (НВ= 1421 МПа)  $K_{SM} = 1,3$

Швидкість коригують за формулою

$$v = v_T \cdot K_{vH} \cdot K_{vK}$$

По карті 53 вибирають коефіцієнти:

$$K_{vH} = 1,3 \text{ (для вуглецевої сталі HB= 1450 Мпа).};$$

$$K_{vK} = 1,0 \text{ (коефіцієнт точності)}$$

$$v = 12 \cdot 1,3 \cdot 1,0 = 15,6 \text{ (м/хв)}$$

Частота обертання при нарізанні різи визначається по формулі

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 15,6}{3,14 \cdot 16} = 310 \text{ об/хв}$$

Значення хвилинної подачі  $S_m$  визначаю за формулою

$$S_{xв} = S_o \cdot n = 2 \cdot 310 = 620 \text{ (м/хв)}.$$

Розраховуємо основний час

$$T_o = L / S_{xв}$$

де  $L$  = довжина ходу інструмента :

$$L = l + y + \Delta$$

$y = 0,3 \times D$  – величина урізування інструмента

$l$  – довжина отвору

$\Delta$  – величина перебігання інструмента

$\Delta = 1 \dots 3$  – для наскрізних отворів

$\Delta = 0$  – для глухих отворів

$$L = 20 + 2 + 0 = 22 \text{ мм}$$

$$T_o = L / S_{xв} = 22 / 620 = 0,035 \text{ хв}$$

Оскільки кількість отворів - 6, то

$$T_o = 0,035 \times 6 = 0,21 \text{ хв.}$$

Всі вибрані по нормативам режими різання заносимо в таблицю 2.17.

Таблиця 2.17. - В якій вписані режими різання при обробки поверхонь які є М16-6Н

Елементи режимів різання	Стадія обробки			
	Центрування	Свердлування	Зенкування	Нарізання різ
	Номера поверхонь :2,3,4,5,6,7.			
	Номера інструментів			
	1	3	4	6
Глибина різання $t$ ,мм	2,5	7	2	2
Таблична подача $S_{ot}$ , мм/об	0,15	0,29	0,09	2
Прийнята подача $S_o$ , мм/об	0,195	0,37	0,12	2
Таблична швидкість різання $V_t$ , м/хв.	26,5	21	15	12
Розрахункова швидкість різання $V_p$ , м/хв.	39	31	22	15,6
Розрахункові оберти шпинделя $n_p$ , об/хв.	1687	477	265	310
Фактичні оберти шпинделя $n_f$ , об/хв.	2484	705	389	310
Фактична швидкість різання $V_f$ , м/хв.	39	31	22	15,6
Хвилинна подача $S_m$ , мм/хв.	484	260	46,68	620

Таблиця 2.18. В якій вписані режими різання при обробки поверхні отвір  $\varnothing 18$  мм з фаскою  $1 \times 45$  градусів.

Елементи режимів різання	Стадія обробки		
	Центрування	Свердлування	Зенкування
	Номер поверхні -1		
	Номера інструментів		
	1	2	5
Глибина різання $t$ ,мм	2,5	9	1
Таблична подача $S_{ot}$ , мм/об	0,15	0,30	0,09
Прийнята подача $S_o$ , мм/об	0,195	0,39	0,12
Таблична швидкість різання $V_t$ , м/хв.	26,5	20	16
Розрахункова швидкість різання $V_p$ , м/хв.	39	30	24
Розрахункові оберти шпинделя $n_p$ , об/хв.	1687	353	255
Фактичні оберти шпинделя $n_f$ , об/хв.	2484	530	382
Фактична швидкість різання $V_f$ , м/хв.	39	30	24
Хвилинна подача $S_m$ , мм/хв.	484	206	45,84

## 2.8 Технічне нормування операції

Нормування токарної обробки на багатоцільовій операції 050

Технічне нормування праці – це сукупність методів та прийомів по виявленню резервів робочого часу та встановленню необхідної мірки праці.

Визначаю норми штучного часу  $T_{шт}$  :

$T_{шт}$  – норма штучного часу – це час на виконання об’єму праці, що дорівнює одиниці нормування ‘[14].

$$T_{шт} = \left( \frac{(T_{ца} + (T_B \times K_{TB})) \times (1 + (a_{ТЕХ} + a_{ОРГ} + a_{ОГЛ}))}{100} \right) \quad (2.64)$$

де  $T_{ца}$  – це час циклу автоматичної роботи верстату по заданій програмі.

$$T_{ца} = T_o + T_{ме} \quad (2.65)$$

$T_o$  – норма основного часу

$$T_o = П \times \left( \frac{L_{PX}}{S_{MPX}} \right) \quad (2.66)$$

П– кількість проходів,

$L_{PX}$  – довжина робочого ходу інструменту,

$S_{MPX}$  – хвилинна подача робочого ходу інструменту.

$T_{MB}$  – норма машинно-допоміжного часу

$$T_{MB} = T_{МВИ} + T_{МВХХ} \quad (2.67)$$

$T_{МВИ}$  – норма машинно-допоміжного часу, пов’язана з автоматичною зміною інструменту (визначається за паспортом верстату)

Час фіксації і роз фіксації револьверної головки  $T_{ИФ} = 2с$

Час повороту револьверної головки на одну позицію  $T_{ИП} = 2с$ .

Тобто для різця №1  $T_{МВИ}$  буде дорівнювати:  $T_{МВИ} = \frac{(2 \times 2 + 2)}{60} = 0,1хв$

$T_{МВХХ}$  – норма машинно-допоміжного часу, пов’язана з холостим ходом інструменту.

$$T_{МВХХ} = \frac{L_{ХХ}}{S_{МХХ}} \quad (2.68)$$



$L_{xx}$  – довжина холостого ходу,

$S_{MXX}$  – хвилинна подача холостого ходу.

Для визначення часу циклу автоматичної роботи верстату по заданій програмі користуюсь побудованими траєкторіями руху різців операції №050

Час автоматичної роботи на кожній ділянці траєкторії, а також час зміни РІ заносу в таблицю 2.15

В таблиці 2.15. – Приведений час автоматичної роботи на кожній ділянці траєкторії інструментів для токарної обробки на операції 050.

Таблиця 2.19 - Час автоматичної роботи на кожній ділянці траєкторії.

Ділянка траєкторії	$\Delta X$ , мм	$\Delta Z$ , мм	$L_i$ , мм	$S_m$ , мм/хв	$T_o$ , хв..	$T_{мв}$ , хв..
1	2	3	4	5	6	7
PIN <sub>1</sub> -PIN <sub>2</sub>						0,1
0-1	43	100	108,85	6000	-	0,018
1-2	39	0	39	63	0,565	-
2-3	0	2	2	6000	-	0,001
3-4	33	0	33	6000	-	0,005
4-5	6	6	8,48.	63	0,134	-
5-0	43	104	125,54	6000	-	0,021
PIN <sub>2</sub> -PIN <sub>3</sub>					-	0,1
0-1	80,72	97	126,19	6000	-	0,021
1-2	0	41	41	72	0,569	-
2-3	30	0	30	6000	-	0,005
3-4	0	236	236	6000	-	0,039
4-5	0	21	21	72	0,291	
5-6	1,78	0	1,78	6000	-	0,001
6-7	0	298	298	6000	-	0,049
7-0	112,5	97	148,54	6000	-	0,025
PIN <sub>3</sub> -PIN <sub>4</sub>					-	0,1
0-1	80,08	97	125,78	6000	-	0,021
1-2	0	41	41	14	2,928	-
2-3	30	0	30	6000	-	0,005
3-4	0	236	236	6000	-	0,039
4-5	0	21	21	14	1,5	-
5-6	2,41	0	2,41	6000	-	0,001
6-7	0	298	298	6000	-	0,049
7-0	112,5	97	148,54	6000	-	0,025
PIN <sub>4</sub> -PIN <sub>5</sub>					-	0,1
0-1	86,5	95	128,48	6000	-	0,021
4-5	6	6	8,48.	63	0,134	-
5-0	43	104	125,54	6000	-	0,021
PIN <sub>2</sub> -PIN <sub>3</sub>					-	0,1
0-1	80,72	97	126,19	6000	-	0,021
<i>I</i>	2	3	4	5	6	7
1-2	0	41	41	72	0,569	-
2-3	30	0	30	6000	-	0,005
3-4	0	236	236	6000	-	0,039
4-5	0	21	21	72	0,291	
5-6	1,78	0	1,78	6000	-	0,001
6-7	0	298	298	6000	-	0,049
7-0	112,5	97	148,54	6000	-	0,025
PIN <sub>3</sub> -PIN <sub>4</sub>					-	0,1
0-1	80,08	97	125,78	6000	-	0,021
1-2	0	41	41	14	2,928	-
2-3	30	0	30	6000	-	0,005
3-4	0	236	236	6000	-	0,039
4-5	0	21	21	14	1,5	-

## Продовження таблиці 2.19

1	2	3	4	5	6	7
5-6	2,41	0	2,41	6000	-	0,001
6-7	0	298	298	6000	-	0,049
7-0	112,5	97	148,54	6000	-	0,025
PIN№4-PIN№5					-	0,1
0-1	86,5	95	128,48	6000	-	0,021
1-2	0	40	40	6000	-	0,006
3-4	1,72	3,54	3,53	130	0,027	-
4-5	10,78	23,92	23,95	130	0,184	-
5-6	0	169,54	169,54	130	1,304	-
6-7	38	40,43	31,81	130	0,245	-
7-8	3	0	3	6000	-	0,001
8-9	0	277,43	277,43	6000	-	0,046
9-0	113	95	147,63	6000	-	0,025
10-11	5	0	5	6000	-	0,001
11-12	0	298	298	6000	-	0,049
12-0	115	97	150,44	6000	-	0,025
PIN№5						0,1
0-1	77,86	97	124,38	6000	-	0,021
1-2	2,14	4	4,53	5	0,906	-
2-3	0	20	20	5	4	-
3-4	1	1	1,41	5	0,282	-
4-5	0	12	12	5	2,4	-
5-6	30	0	30	6000	-	0,005
6-7	0	239	239	6000	-	0,039
7-8	1	1	1,44	5	0,288	-
8-9	0	11	11	-		
9-10	2,33	6	6,44	-		
10-11	7,33	-	7,33	6000	-	0,001
11-12	0	298	298	6000	-	0,049
12-0	115	97	150,44	6000	-	0,025
Сума:		15,638	1,139			

Після розрахунків часу автоматичної роботи на кожній ділянці траєкторії окремо бачимо, що формула (2.69) набуває іншого вигляду:

$$T_{\text{ЦА}} = \sum T_O + \sum T_{\text{МВ}} \quad (2.69)$$

$$\sum T_O = 7,558 \text{хв}, \quad \sum T_{\text{МВ}} = 0,722 \text{хв}$$

По формулі (2,69):  $T_{\text{ЦА}} = 7,558 + 0,722 = 8,28 \text{хв}$

$T_B$  – норма допоміжного часу – це час на дії, які дають можливість виконувати основну роботу.

$$T_B = T_{ВУСТ} + T_{ВОП} + T_{ВИЗМ} \quad (2.70)$$

де  $T_{ВУСТ}$  – норма допоміжного часу на установку та зняття заготовки.

$T_{ВОП}$  – норма допоміжного часу, пов'язана з виконанням технологічної операції.

$T_{ВИЗМ}$  – норма допоміжного часу на виконання контрольних вимірювань.

$$T_{ВУСТ} = 1,4 \text{ хв.}$$

$$T_{ВОП} = 0,35 \text{ хв.}$$

$$T_{ВИЗМ} = 0,79 \text{ хв.}$$

$$T_B = 1,4 + 0,35 + 0,79 = 2,54 \text{ хв}$$

$Kt_g = 0,76$  – коефіцієнт на виконання ручної допоміжної роботи залежно від об'єму партії

$a_{mex} + a_{opz} + a_{oml}$  – норма часу на організаційно-технічне обслуговування, відпочинок та особисті потреби (визначається за нормативами та у формулу підставляється у відсотках).

Цей час складає 7% від оперативного часу  $T_{оп}$  – це час, що витрачається на виконання однієї технологічної операції.

$$T_{оп} = T_{ца} + T_B \quad (2.71)$$

З цієї формули  $T_{оп} = 8,28 + 2,54 = 10,82 \text{ хв.}$

$$a_{mex} + a_{opz} + a_{oml} = 0,07 \times 10,82 = 7,574 \text{ хв}$$

Визначаю норми штучного часу  $T_{шт}$  за формулою (2.64)

$$T_{шт} = \left( \frac{8,28 + 2,54 \times 0,76}{1 + \frac{7}{100}} \right) = 10,92 \text{ хв}$$

Визначаю норму штучно-калькуляційного часу  $T_{штк}$  за формулою:

$$T_{штк} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n} \quad (2.72)$$

де  $n$  – кількість деталей за одну зміну, визначається за формулою:

$$n = \frac{(T_{зм} - T_{пз})}{T_{оп}} \quad (2.73)$$

$T_{пз}$  – підготовчо-завершальний час – це час на підготовку робітників та засобів виробництва до виконання технологічної операції та приведення їх у первинний стан після її закінчення (одержання матеріалу, інструменту, ознайомлення з кресленням, інструктаж з техніки безпеки, наладка обладнання, установка та зняття інструменту, пристосування, здача готової продукції).

$$T_{пз} = 4 + 9 + 2 + 2 + 2,5 + 1 + 0,2 = 20,7 \text{ хв}$$

$$n = \frac{(8 \times 60) - 20,7}{10,82} = 42,45 \text{ шт.}$$

По формулі (2.72)  $T_{шк} = 10,92 + \frac{20,7}{42,45} = 11,4 \text{ хв.}$

Таблиця 2.20 – Норми часу на операцію 050

$T_{шк}$	$T_o$	$T_{мв}$	$T_B$	$T_{шт}$	$T_{пз}$
11,4 хв	15,638 хв	1,139 хв	2,54 хв	10,92 хв	20,7 хв

Нормування для операції 060 Координатна – розточка з ЧПК.

Технічне нормування праці – це сукупність методів та прийомів по виявленню резервів робочого часу та встановленню необхідної мірки праці.

Машинною допоміжний час на автоматичну зміну інструменту ( $T_{мві}$ ) беруть з паспортних даних станка [14].

Для даного верстата час при повороті револьверної головки на одну позиції

$L_i$  – довжина робочого ходу інструменту,

$$T_{ца} = \sum T_o + \sum T_{мв} \quad (2.74)$$

$T_{ца}$  – це час циклу автоматичної роботи верстату по заданій програмі.

$T_o$  – норма основного часу

$T_{MB}$  – норма машинно-допоміжного часу

$L_i$  – загальна довжина ходу інструмента на робочій подачі.

Визначаю норми штучного часу  $T_{шт}$ :

Час автоматичної роботи на кожній ділянці траєкторії, а також час зміни РІ заносу в таблицю 2.17.

Таблиця 2.21 - Час автоматичної роботи на кожній ділянці траєкторії певного інструмента.

Номер інструмента	$L_i$ , мм	$S_m$ , мм/хв	$T_o$ , хв.	$T_{MB}$ , хв.
0-1				0,1
1	4	484	0,0581	-
1-2			-	0,05
2	22	206	0,107	-
2-3			-	0,05
3	28	260	0,648	-
3-4			-	0,05
4	23	46,68	2,956	-
4-5			-	0,05
5	24	45,84	0,523	-
5-6			-	0,05
6	22	620	0,21	-
6-0			-	0,05
Сума :			4,502	0,4

Після розрахунків часу автоматичної роботи для кожного інструмента окремо бачимо, що формула (2.67) набуває іншого вигляду:

$$T_{ЦА} = \sum T_o + \sum T_{MB} \quad (2.75)$$

$$\sum T_o = 4,502 \text{ хв.}, \sum T_{MB} = 0,4 \text{ хв.}$$

$$\text{По формулі (2.67) } T_{ца} = 4,502 + 0,4 = 4,902 \text{ хв.}$$

Визначаємо норми штучного часу.

$T_{шт}$  – норма штучного часу – це час на виконання об'єму праці, що дорівнює одиниці нормування.

$$T_{шт} = (T_{ца} + T \times K) \times \left( 1 + \frac{(a_{ТЕХ} + a_{ОРГ} + a_{ОТЛ})}{100} \right) \quad (2.76)$$

$T_B$  – норма допоміжного часу – це час на дії, які дають можливість виконувати основну роботу.

$$T_B = T_{ВУСТ} + T_{ВОП} + T_{ВИЗМ} \quad (2.77)$$

де  $T_{ВУСТ}$  – норма допоміжного часу на установку та зняття заготовки.

$T_{ВОП}$  – норма допоміжного часу, пов'язана з виконанням технологічної операції.

$T_{ВИЗМ}$  – норма допоміжного часу на виконання контрольних вимірювань.

$$T_{ВУСТ} = 17 \text{ хв}$$

$$T_{ВОП} = 8 \text{ хв}$$

$$T_{ВИЗМ} = 8 \text{ хв}$$

$$T_B = 17 + 8 + 8 = 33 \text{ хв}$$

Час на організаційне і технічне обслуговування робочого місця, відпочинок і особисті потреб, наведено у відсотках від оперативного часу

$$a_{орг} + a_{тех} + a_{отл} = 8\%$$

Цей час складає 8% від оперативного часу  $T_{оп}$  – це час, що витрачається на виконання однієї технологічної операції [14].

$$T_{оп} = T_{ца} + T_B \quad (2.78)$$

$$T_{оп} = 4,902 + 33 = 37,903 \text{ хв}$$

З цієї формули  $T_{оп} = 4,902 + 33 = 37,903 \text{ хв}$

$$a_{тех} + a_{орг} + a_{отл} = 0,08 \times 37,902 = 3,032 \text{ хв}$$

Визначаю норми штучного часу

$T_{шт}$  – норма штучного часу – це час на виконання об'єму праці, що дорівнює одиниці нормування по формули (2.68)

$$T_{шт} = (4,902 + 33 \times 3,032) \times \left( 1 + \frac{8}{100} \right) = 37,502 \text{ хв.}$$

Визначаю норму штучно-калькуляційного часу  $T_{штк}$  за формулою:

$$T_{штк} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n} \quad (2.79)$$

де  $n$  – кількість деталей за одну зміну, визначається за формулою:

$$n = \frac{(T_{зм} - T_{пз})}{T_{оп}} \quad (2.80)$$

$T_{пз}$  – підготовчо-завершальний час – це час на підготовку робітників та засобів виробництва до виконання технологічної операції та приведення їх у первинний стан після її закінчення (одержання матеріалу, інструменту, ознайомлення з кресленням, інструктаж з техніки безпеки, наладка обладнання, установка та зняття інструменту, пристосування, здача готової продукції)[14].

$$T_{пз} = 10 + 9 + 8 + 5 + 12 + 15 + 13 = 72 \text{ хв}$$

$$n = \frac{(8 \times 60 - 72)}{37,903} = 10,76 \text{ шт.}$$

$$T_{штк} = 97,183 + \frac{72}{10,76} = 103,893 \text{ хв}$$

Таблиця 2.22 - Норми часу на механічну операцію 060

$T_0$	$T_{мв}$	$T_в$	$T_{шт}$	$T_{пз}$	$T_{штк}$
4,502 хв	0,4 хв	33 хв	37,502 хв	72 хв	103,893 хв

Таблиця 2.23 - Норми часу на механічних операціях, хв.

Операції	Найменування операції	Модель верстата	Норма часу, хв.				Розряд робочих
			$T_0$	$T_в$	$T_{шт}$	$T_{пз}$	
20	Токарно-Карусельна	1525	13,023	20	33,02	73	3
25	Токарно-Карусельна	1525	40,033	32	72,03	137	4
40	Токарно-Карусельна з ЧПК	1A512Ф4	7,025	25	32,02	80	3
50	Багатоцільова з ЧПК	DMG DMF 260	80,05	31	111,0	130	5
60	Координатно – розточна з ЧПК	DMG DMF 260	4,502	33	37,50	72	4



## 2.9 Проектування верстатного пристрою

Розроблюване пристосування використовується для зажиму деталі «Камера нагнітання».

Річна програма випуску даної деталі складає 1200 штук на рік, що відповідає середньо серійному типу виробництва.

Пристосування використовується при обробці на операції 060 Координатно розточна з ЧПК, верстат – фрезерний оброблювальний центр Deckel Maho DMF 260.

Дане пристосування призначене для встановлення та закріплення деталей типу «камера нагнітання», використовуваних в компресорах різних типів, близьких за конструктивно-технологічними розмірами та за спільністю встановчих поверхонь.

Пристосування складається з корпусу, в котрому знаходиться пневмоциліндр, який за допомогою клинових передач приводить в дію 3 рухомі самоцентруючі кулачки. На столі верстату пристосування базується по торцю (установча база, 3 ступені волі) за допомогою центровика д30H6/h6 (подвійна опорна база, 2 ступені волі) та шпонки д18H7/h7 (опорні база, 1 ступінь волі), які здійснюють повне базування пристосування на столі верстата. Деталь встановлюється на 3 рухомі самоцентруючі кулачки та лишається останнього ступеню волі за допомогою фіксатора д20 мм. Рухомі кулачки, за допомогою яких затискається заготовка, закріплені на гребінці, яка в свою чергу переміщується в похилих пазах поршня.

Через пневмопривод в порожнину пневмоциліндра подається стиснене повітря. При цьому відбувається переміщення поршня. При вертикальному (вгору) переміщенні поршня відбувається горизонтальне переміщення гребінки, яке викликає розтиск заготовки. Затиск заготовки відбувається таким чином: з порожнини пневмоциліндра випускається повітря через клапан в атмосферу, і під дією 16-ти пружин поршень переміщується вниз до затиску заготовки.

Переваги проектного пристосування

Впровадження розроблюваного пристрою дасть можливість встановлювати деталь на операції без попередньої вивірки, за рахунок використання спеціальних установчих елементів (3-ох рухомих самоцентруючих кулачків та висувного фіксатора діаметра в 20 мм.).

Завдяки використанню силового пневматичного приводу досягається швидкий затиск/розтиск деталі. Основною перевагою даного пристрою є використання енергії попередньо стиснутих пружин, що утримують деталь під час обробки і не потребують постійного живлення стисненим повітрям.

Жорсткість пристосування дозволить використовувати достатню для обробки потужність верстата.

Матеріали деяких деталей пристосування

В загальному випадку вибір матеріалу для виготовлення будь-яких деталей та елементів пристроїв проводиться таким чином, щоб забезпечити вимоги механічних навантажень, які будуть на них діяти, та відсутність хімічних реакцій між цими елементами, середовищем та деталями.

Всі матеріали для виготовлення деталей пристосування мають бути зносостійкими та міцними і не в якому разі - крихкими.

В даному випадку поршень виготовляють з алюмінієвого сплаву АЛ2 (ГОСТ 1583-93). Кришку та корпус зі Сталі 45 та Сталі 20 відповідно (ГОСТ 1050-88)

Пружини, які слугують для затиску заготовки, виготовлені з проволочи 70СЗА-Н-2-ХН-9 ГОСТ 14963-78. Для штоку, гребінки та кулачків використати сталь 45 ГОСТ 1050-88, так як вона може піддаватися гартуванню, цементуванню, тобто її властивості можуть бути змінені відповідно до потрібних механічних властивостей [15].

Якщо замінити теоретичну схему базування (див рисунок в пункті система базування деталей та закріплення на операцію 060 ) то бачимо див рис.2.21

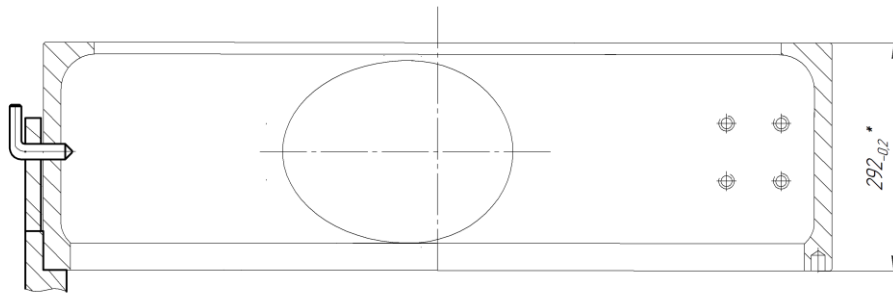


Рисунок 2.21. - Деталь, встановлена в пристосування

### Визначення похибки базування

У верстатному пристрої використовується спеціальний клиновий пневматичний самоцентруючий трьохкулачковий патрон, кулачки розточуються до  $\varnothing 1010$  мм після встановлення пристосування на стіл верстата, тому похибка базування повинна дорівнювати 0.

### Розрахунок сил закріплення на багатоцільовій з ЧПК операції 050

Проектований пристрій окрім операції на токарно карусельних станках також доцільно використовувати на операціях 050, 060. На операції 050 виконується фрезерування, тому необхідна значно більша сила закріплення, отже силові розрахунки проводимо для операції 050 Багатоцільова з ЧПК. Тому що там більші сили різання ніж в операції 060.

Сили закріплення розраховуються з розрахункової схеми, яку показано на рисунку 2.22

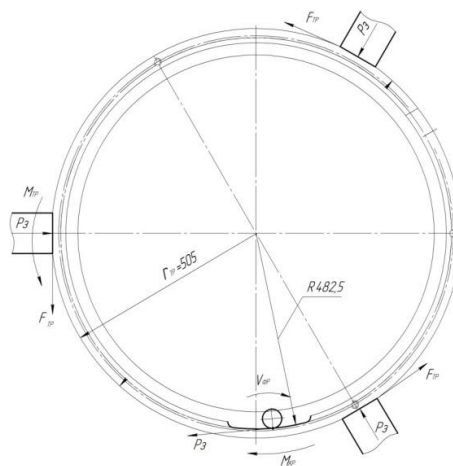


Рисунок 2.22. - Схема розподілення сил

$$M_{TP} \geq M_{KP} \cdot k_{3АП}$$

$$M_{TP} = F_{TP} \cdot r_{TP}$$

$$M_{TP} = P_3 \cdot f \cdot r_{TP}$$

$$M_{KP} = P_Z \cdot R$$

$$P_3 \cdot f \cdot r = P_Z \cdot R \cdot k_{3АП}$$

$$P_3 = \frac{P_Z \cdot R \cdot k_{3АП}}{f \cdot r}$$

$$P_3 = \frac{K \cdot M_{KP}}{R \cdot f}$$

З умови не провороту заготовки з літератури [15] для циліндричної заготовки діаметром бази D (1010 мм) встановленої на кулачках та навантаженої крутним моментом сила закріплення  $P_3$  визначається за формулою:

$$P_3 = \frac{K \cdot M_{KP}}{R \cdot f} \quad (2.41)$$

де:

$K$  - коефіцієнт запасу;

$M_{KP}$  - крутний момент, діючий на заготовку при фрезеруванні, Н·м;

$R$  - приведений радіус точки прикладання сили, м;

$f$  - коефіцієнт тертя в місцях контакту заготовки з опорами, по [1] с.85, таблиця 10, при контакті обробленої заготовки з опорами та заживними елементами пристосування  $f = 0,16$ .

Коефіцієнт запасу  $K$  вводять в формули при обчисленні сили  $P_3$  для забезпечення надійного закріплення заготовки, по [15] :

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \quad (2.42)$$

де:

$K_0$  - коефіцієнт гарантованого зазору,  $K_0 = 1,5$ ;

$K_1$  - коефіцієнт, враховуючий збільшення сил різання через

випадкові нерівності на оброблюваних поверхнях, при чорновій обробці  $K_1 = 1,2$ ;

$K_2$  - коефіцієнт, характеризуючи збільшення сил різання внаслідок затуплення різального інструменту, по [15] с.84, таблиця 9  
 $K_2 = 1,6$ ;

$K_3$  - коефіцієнт, враховуючий збільшення сил різання при торцевому фрезеруванні,  $K_3 = 1,2$ ;

$K_4$  - коефіцієнт, характеризуючи постійність сили закріплення, при використанні пневмо циліндру  $K_4 = 1,3$ ;

$K_5$  - коефіцієнт, характеризуючи ергономіку ручних затискних механізмів,  $K_5 = 1,0$ ;

$K_6$  - коефіцієнт враховують тільки за наявності моментів, що прагнуть повернути заготовку,  $K_6 = 1,5$ .

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,6 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,5 = 6,739$$

Розрахункове значення коефіцієнта запасу  $K=6,739$

Крутний момент, діючий на заготовку при фрезеруванні, визначається за формулою:

$$M_{KP} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} \quad (2.43)$$

де:

$P_z$  - окружна сила (головна складова сили різання), Н;

$D$  - діаметр фрези,  $D=30$  мм.

Головна складова сили різання визначається за формулою:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP} \quad (2.44)$$

де

$C_p$  - коефіцієнт, по [15] с.291, таблиця 41;  $C_p = 68,2$

$x, y, n, q, w$  - показники ступеню, по [15] с.291, таблиця 41  
 $x=0,86; y=0,72; n=1,0; q=0,86; w=0$ ;

- t- глибина фрезерування, t=5 мм;  
 $S_z$  - подача на один зуб при фрезеруванні,  $S_z = 0,28$  мм/зуб;  
 $B$  - ширина фрезерування, B=30 мм;  
 $z$  - число зубів фрези,  $z = 6$ ;  
 $n$  - частота обертання шпинделя, n=1200 об/хв;  
 $K_{MP}$  - поправочний коефіцієнт, враховуючий якість оброблюваного матеріалу, визначається за формулою:

$$K_{MP} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n \quad (2.45)$$

де:

- $\sigma_B$  - Тимчасовий опір, з креслення  $\sigma_B = 600$  МПа;  
 $n$  - показник ступеню, по [1] с.264, таблиця 9  $n = 0,3$ .

$$K_{MP} = \left( \frac{600}{750} \right)^{0,3} = 0,94.$$

Підставивши вибрані і розраховані значення в формулу (7.4), визначаємо головну складову сили різання:

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 5^{0,86} \cdot 0,28^{0,72} \cdot 30^{1,0} \cdot 6}{30^{0,86} \cdot 1200^0} \cdot 0,94 = 10515H$$

Підставивши розраховане значення окружної сили в формулу (7.3), визначаємо крутний момент при фрезеруванні:

$$M_{KPz} = \frac{10515 \cdot 30}{2 \cdot 100} = 1577,25H \cdot m$$

$$P_y = P_z \cdot K_{y/z} = 10515 \cdot 0,4 = 4206H$$

$K_{y/z}$  - відносне значення складових сил різання при фрезеруванні, по [15] с.292, таблиця 42

$$M_{KPy} = 4206 \cdot 0,278 = 1169,26$$

$$M_{KP} = M_{KPy} + M_{KPz} = 1169,26 + 1577,25 = 2746 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Радіус точки прикладання сили дорівнює половині діаметру розточки кулачків  $R = 1010/2 = 505$  мм

Підставивши вибрані і розраховані значення в формулу (2.46), визначаємо силу закріплення:

$$P_3 = \frac{6,739 \cdot 2746}{0,505 \cdot 0,16} = 229025 \text{ Н.}$$

Отже, необхідна сила затиску  $P_3 = 229,025 \text{ кН}$ .

Вибір та розрахунок силового приводу

Затиск та роз-жим заготовки виконується за допомогою клинового механізму.

Зусилля на клин передається при роз-тиску за рахунок тиску повітря, при затиску за рахунок пружної енергії пружини.

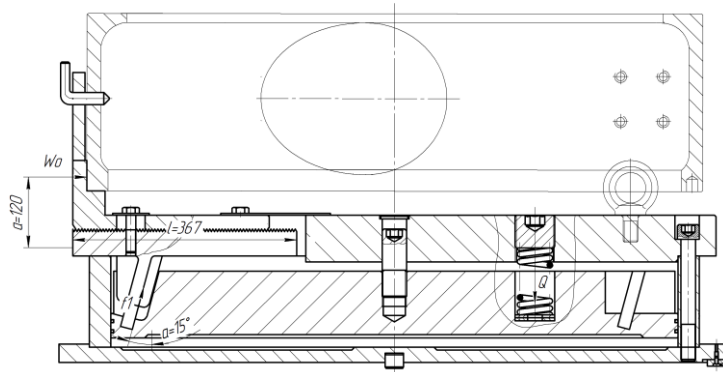


Рисунок 2.33.- Схема силового розрахунку приводу

Дійсна сила  $Q$  на пружинах розраховується по формулі :

$$Q = 3 \times k \times \left(1 + \frac{3 \times a \times f_1}{L}\right) \times \text{tg}(\beta + \varphi) \times W_0 \quad (2.46)$$

де:

$a$  – відстань від точки прикладання сили до напрямних,  $a=0,120 \text{ м}$ .

$k$  – коефіцієнт, що враховує втрати на тертя в механізмі патрону  $k=1,05$

$f_1$  – коефіцієнт тертя на напрямних,  $f_1=0,15$

$L$  – довжина напрямних кулачків, що сполучаються з корпусом,  $L=0,367 \text{ м}$

$\beta$  – кут клину, приймаємо  $\beta=15^\circ$

$\varphi$  - кут тертя в механізмі патрону,  $\varphi = \text{arctg}(f_1) = \text{arctg}(0,15) = 8^\circ 32'$

$W_0$  – сила затиску одним кулачком,  $W_0 = W/3 = 121504/3 = 40501,34$

Підставивши значення отримуємо:

$$Q = 3 \times 1,05 \times \left(1 + \frac{3 \times 0,120 \times 0,15}{0,367}\right) \times \operatorname{tg}(15^\circ + 8^\circ 32') \times 40501,34$$

$$Q = 63077,32 \text{ Н} \text{ Приймаємо } Q = 64000 \text{ Н}$$

Дана сила перевищує необхідну силу затиску заготовки, отже, пристосування забезпечує фіксоване положення деталі при обробці.

Для забезпечення даної сили можливе використання 16 пружин з робочою силою 4000 Н ( $16 \times 4000 = 64000$  Н).

Виконавши розрахунки пружини за допомогою надбудови «Модуль «Проектирование цилиндрической пружины сжатия»» програмного продукту «КОМПАС-3D V14» отримані дані заносу в таблицю 7.1

Таблиця 2.24 Проектний розрахунок циліндричної пружини стиснення

Назва параметру	Значення (властивість)	
Матеріал Проволока 70С3А-Н-2-ХН-9 ГОСТ 14963-78		
Клас	---	3
Розряд	---	2
Відносний інерційний зазор	---	0,15
Зовнішній діаметр пружини, мм	D1	60
Діаметр проволоки, мм	d	9
Число робочих витків	n	9,5
Повне число витків	n1	11,5
Число зажатих витків з однієї сторони	n2	1
Число зашліфованих витків з однієї сторони	n3	0,75
Сила пружини при попередній деформації, Н	F1	0
Сила пружини при робочій деформації, Н	F2	4000
Сила пружини при максимальній деформації, Н	F3	4705,88
Робочий хід пружини, мм	H	78,3
Довжина пружини, мм	L0	191,11
Довжина пружини при попередній деформації, мм	L1	191,11
Довжина пружини при робочій деформації, мм	L2	112,81
Довжина пружини при максимальній деформації, мм	L3	99
Максимальне дотичне напруження, МПа		1350
Допустиме дотичне напруження, МПа		1064,07
Модуль зрушення матеріалу, МПа	G	78500
Густота матеріалу, кг/м <sup>3</sup>		8000
Маса пружини, кг	---	0,939



Розрахунок деталі на міцність

Розраховую на міцність при розтягуванні один з п'ятнадцяти болтів М24.

Матеріал болта Сталь 40.

Для того щоб при роботі болт не розірвало, необхідно виконання умови:

$$G_p \leq [G]_p$$

Межі міцності для сталі 40 дорівнює  $G_m = 360$  МПа, [2] с. 6:

$$[G]_p = 0,6 \times G_m, \text{ МПа} \quad (2.47)$$

$$[G]_p = 0,6 \times 360 = 216 \text{ МПа}$$

Небезпечним перерізом на болті є ослаблене різью місце.

Розрахунковий діаметр в перерізі різі М24 визначається за формулою:

$$d_p = d - 0,94p, \text{ мм}$$

де  $d$  – зовнішній діаметр різі, мм;

$p$  – шаг різі, мм.

$$d_p = 24 - 0,94 \times 3 = 21,18 \text{ мм.}$$

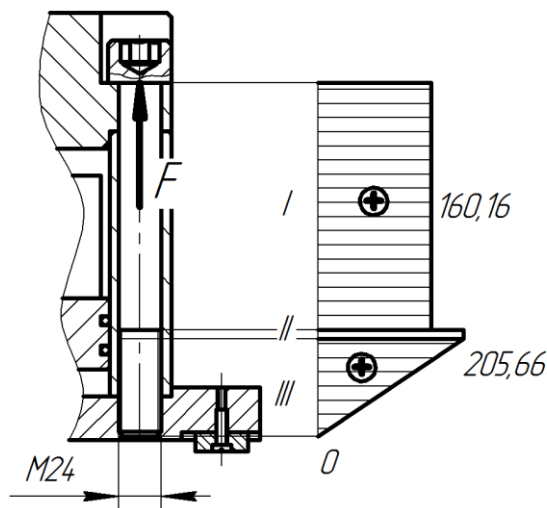


Рисунок 2.34.- Ешюра розтягу болта М24

$$G_p = \frac{4F}{\pi d_p^2}, \text{ МПа} \quad (2.48)$$

де  $F$  – максимальна осьова сила, що діє на розтяг болта, Н, визначається по формулі:

$$F = \frac{S * P}{n} \quad (2.49)$$

де S - площа поршня,  $\pi d^2 = 3,14 * 0,93^2 = 2,7158 \text{ м}^2$ ;

P – тиск в пневмо мережі P=0,4 МПа;

n – кількість болтів, n=15

$$F = \frac{2,7158 \times 400000}{15} = 72421 \text{ Н}$$

Підставивши значення в формулу 2.49, отримуємо:

$$G_p = \frac{4 \times 72421}{3,14 \times 21,18^2} = 205,66 \text{ МПа}$$

Згідно розрахунку умова  $G_p \leq [G]_p$  виконується, звідси впливає що шток витримує навантаження.

Принцип дії пристосування на затиск. З пневмо мережі повітря під тиском подається в нижню порожнину поршня, переміщаючи поршень вертикально вгору. Таким чином здійснюється стиснення пружин та розтиск кулачків і деталі. При знятті швидко із зйомної частини штуцера повітря з порожнини через пневмо глушник подається в атмосферу, тиск в порожнині поршня падає і здійснюється затискання заготовки за допомогою клинової передачі від пружин. Герметичність з'єднань забезпечують манжети-ущільнювачі. Кришка служить також упором для переміщення пневмо циліндра вертикально вгору. Упором для переміщення поршня вертикально вниз служить оброблювана деталь, що обмежує хід поршня через клинові кулачки, а при її відсутності – корпус пристосування. Для транспортування пристосування призначені рим-болти, які кріпляться в кришці пристосування[15].

### РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ПРОВЕДЕННЯ ДЕФЕКТОСКОПІЧНОГО КОНТРОЛЮ

#### 3.1 Дефектоскоп А1214 EXPERT

На данні пре дипломній практиці досліджується сучасні методи проведення дефектоскопичного контролю. В дипломній роботі використовують після чорнових операцій контроль поверхонь на наявність дефектів матеріалу оброблюваної заготовки. Виконується ультра звукова дефектоскопія за допомогою дефектоскопа А1214 EXPERT.

На операції 035 Ультразвукова дефектоскопія, було застосовано дефектоскоп А1214 EXPERT , дивимось рисунок 3.1

Службове призначення дефектоскопа полягає у аналізі структури деталей на предмет наявності дефектів після чорнових стадій механічної обробки.



Рисунок 3.1 Ультразвукової дефектоскоп А1214 EXPERT

Ультразвуковий дефектоскоп А1214 EXPERT (УД А1214 EXPERT) призначений для пошуку дефектів в металовиробах і пластикових виробках. Ідентифікує корозію, тріщини і внутрішні розшарування. Визначає координати дефектів і оцінює їх параметри. Співпрацює з простими і косими інверторами. Глибина вимірювання пристрою : від 2 до 6000 мм.[1]

Таблиця 3.1 Технічні характеристики Ультразвукового дефектоскопа A1214 EXPERT

Діапазон встановлюваних номінальних частот ультразвуку	від 0,5 до 15,0 МГц
1	2
Відхилення робочих частот від номінальних	$\pm 10\%$
Діапазон налаштування на швидкість ультразвуку в матеріалі	від 500 до 14 999 м/с
Діапазон перебудови посилення приймача	від 0 до 100 дБ
Відхилення установки підсилення	$\pm 1,0$ дБ
Діапазон вимірів глибини залягання дефекту (по сталі) з прямими перетворювачами:	
S3568 2.5AOD10CL	від 7 до 6 000 мм
D1771 4.0AOD12CL	від 2 до 3 000 мм
Межі абсолютної похибки вимірів глибини залягання дефекту Н, що припускається, з прямими перетворювачами	$\pm(0,02h+1,00)$ мм
Межі абсолютної похибки вимірів координат дефекту (по сталі), що припускається, з похилими перетворювачами:	
глибина по Н	$\pm(0,03H+1,00)$ мм
дальності по поверхні L	$\pm(0,03L+1,00)$ мм
Діапазон вимірів тимчасових інтервалів на частоті 2,5 МГц	від 0 до 1 900 мкс
Межі абсолютної похибки вимірів тимчасових інтервалів Т вим, що припускається	$\pm(0,1+0,0001T_{\text{вим}})$ мкс
Джерело живлення	акумулятор
Номінальне значення напруги живлення	11,1 В
Час безперервної роботи від акумулятора за нормальних кліматичних умов, не менше:	18 Ч
Діапазон робочих температур	від - 30 до +55 °С
Тип дисплея	кольоровий TFT
Дозвіл дисплея	640 × 480
Маса з акумулятором	1,8 кг

Радіосигнал: A1214 EXPERT представляє евольвенту типу А у випрямному та в вигляді в режимі реального часу. Радіосигнал дозволяє детально вивчати фази сигналів, виробляти контроль на тлі великих структурних перешкод і розділяти сигнали від близьких до сполучених відбивачів. Енергонезалежна пам'ять Енергонезалежна пам'ять на 20 000 зображень екрану: А-Скани з параметрами управління. Також можна записати голосові коментарі до збережених знімків за допомогою бездротової гарнітури Bluetooth [2].

Особливості : - на пів автоматична процедура виправлення кута вставки та затримання в призмі похилого датчика через його знос; незалежна пам'ять для 2000 зображень на екрані: розгортки Тип із відповідними параметрами;

- запам'ятовування максимумів сигналу на екрані периметра;
- повністю цифровий маршрут;
- проти ковзні шини електронного блоку;
- запрограмована форма звукового імпульсу;
- бібліотека налаштування на 100 конфігурацій;

АРД діаграми дивимось рисунок 3. 2



Рисунок 3.2 АРД діаграма

АРД діаграма масивів для підключених парних перетворювачів дозволяють оператору бачити три криві на екрані. Вони відповідають рівням відхилення, контролю та контролю пошуку. Дефектоскоп автоматично розрахує

еквівалентну площу відбивача. Ця функція дозволяє оператору відмовитися від ручних розрахунків еквівалентної площі дефекту та підвищує продуктивність управління. Передбачено ручне вимірювання рівня та координат прийнятих сигналів за допомогою екранного курсору.

### 3.2 Дефектоскопія

Досліджувати дефекти поверхні можливо двома способами

Перший спосіб - руйнуючи поверхню , але потім її потрібно буде заново створювати, що є не актуально і не раціонально

Другий спосіб - не руйнуючи поверхню , методами ультра звуку , магнетичний та струмовий метод.

Ми детально будемо розглядати метод не руйнування поверхні тому що зараз є це - найактуальніше

Призначення для методів без руйнівного контролю для локомотивів і рухомого складу, також в машинобудування та будівництві.

Принцип дії детектора дефектів кожного виду найпопулярніші детектори дефектів, які можуть використовувати для неруйнівного контролю деталі, є ультразвуки (акустична), магнітні та вихрові струми. Перевагою приладів що реалізують наведені методи досліджень є компактність, мобільність та інтуїтивних інтерфейс керування [3].



Рисунок 3.1. Розподіл найбільш популярних методів дефектоскопії

### 3.3 Ультразвукова дефектоскопія

Початок використання ультразвукового контролю в промисловості відноситься приблизно до 50-х років минулого століття. Технічна реалізація методів на той час була зумовлена створенням перших серійних лампових детекторів дефектів та розробкою ультразвукових перетворювачів на основі п'єзо керамічних елементів. За останній час був багатий досвід використання методів ультразвукового контролю.[4]

Аналіз використання ультразвукової дефектоскопії в різних локалізація показує, що більшість робіт здійснювана є на зварюваних сполученнях, більшості випадків контроль здійснюваний є вручну.

Ультразвуковий контроль в технології зварювання має ряд властивості. Метал не буде розколотий. У зварюваних сполученнях існує багато властивостей які містяться в контрольній зоні. З огляду на масовий характер досліджень в технології зварювання, до дослідження зімкне зварюваних застосовується окрему ультразвукову технологію [5].

Типові засоби ультразвукового контролю призначені для вимірювання інформаційного пояса

Аналіз традиційних методів ультразвукової дефектоскопії, що застосовуються для огляду зварних з'єднань. Коротко розглянемо властивості ультразвуку для огляду зварювальних швів

Важливою характеристикою не руйнуючої системи управління є її передачі. Результати перевірки повинні бути однаковими при заміні дефектоскопа, ультразвукового перетворювача, стандартної моделі.

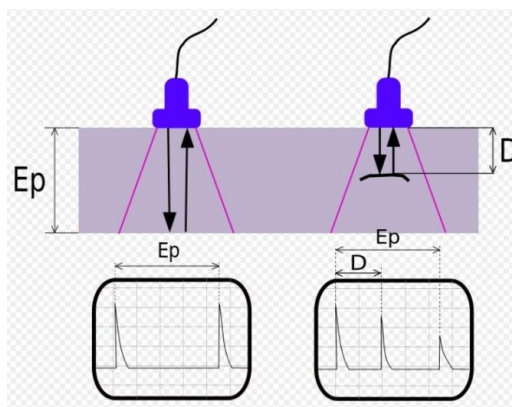


Рисунок 3.3 Збудження і прийом ультразвуку

На рис. 3.3, показано збудження і одержання ультразвуків, також в цьому випадку ультразвукове випромінювання відбувається за допомогою інвертора, який перетворює електричне коливання в акустичне через зворотний електричний ефект. Після переходу через контрольоване середовище, що коливається ультразвуки доходять до корпусу інвертора і завдяки простому п'єзоелектричному ефекту знову стають електричними, які реєстровані через вимірювальні окружності [6].

Встановлює десять основних параметрів:

1. Довжина хвилі або коливання частоти ультразвуку.
2. Точність.
3. Розташування початкової точки радіуса (наконечник перетворювача).
4. Кут введення радіуса ультразвуку до металу.
5. Помилка глибиноміра.
6. Мертва зона.
7. Відокремлена здатність на відстані та спереду.
8. Характеристика електроакустичного перетворювача.
9. Мінімальний умовний розмір дефекту, який фіксується при заданій швидкості сканування.
10. Довговічність імпульсу дефектоскопа. Передані характеристики, їх конкретні числові значення повинні бути обговорені в документації для ультразвукового контролю зварних з'єднань.

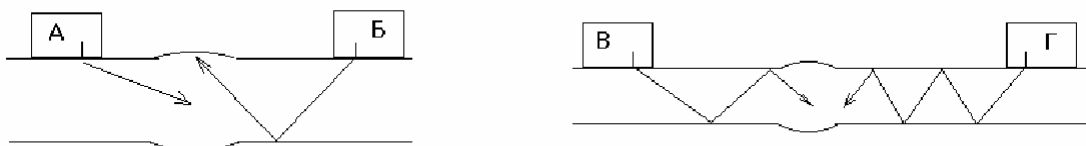


Рис. 3.4. Схеми ультразвукового дослідження стикових зварних з'єднань ехометодом

А - прямими променями перетворювача, Б - одного разу відбитими



В - двічі відбитими променями, Г - багаторазово відбитими променями.  
променями,

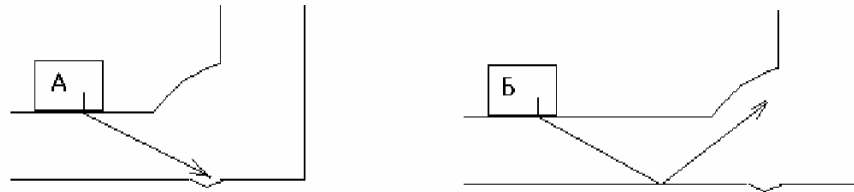


Рис.3.5 Схеми прозвучивання кутових (таврових) зварних з'єднань ехометодом.

А - прямими променями перетворювача, Б -одного разу відбитими променями.

Канадська компанія Tektrend випускає пристрій для ультразвукового контролю металу та відповідне програмне забезпечення. Цікавою є програма ARIUS Viewer, призначена для синтезу 2-х та 3-мірних зображень за даними електромагнітного управління.. Наприклад, на рисунку 3.6 показано зображення дна алюмінієвої букви зі штучними дефектами. Товщина листа - 8мм. Звук здійснювався за допомогою простого перетворювача з частотою 10 мгц

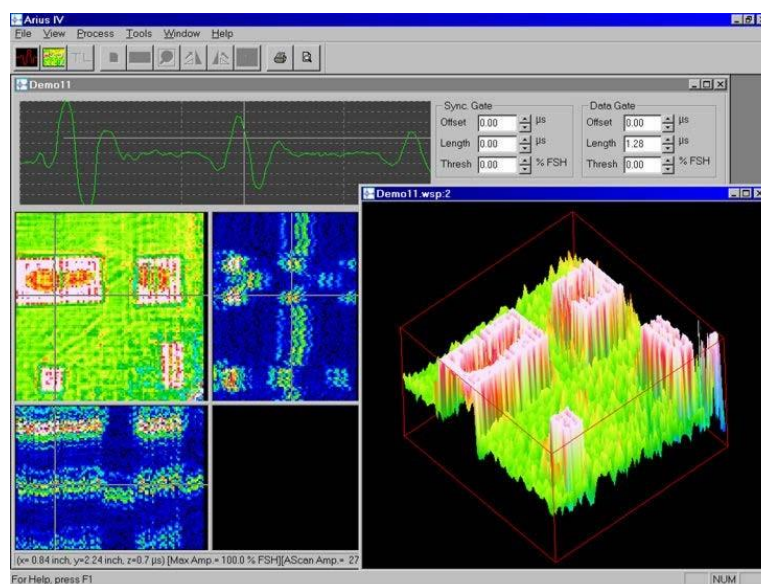


Рисунок 3.6 Зображення дефектів на донній поверхні алюмінієвого листа.

### 3.4 Магнітна дефектоскопія

Магнетичний дефект визначає завдання, пов'язані з виявленням дефектів в центрі і на поверхні конструкцій, виконаних з феромагнітних (залізо, кобальт, нікель) матеріалів.[8] Виявлення флоку, неметалічних ввергань і інших пошкоджень методом магнетичної дефектоскопії можливе тільки тоді, коли є вони поверхневе або лежать в глибині не перевищуючи 2-3 мм. На магнічення. Однак присутність дефектів вказує на перерозподіл магнетичних потоків і виникнення полів магнетичної дисперсії у визначеному місці (рис. 3.7).[9]



Рисунок 3.7 Структуроскопія - КРЦ-М

За допомогою поверхневого покриття визначають механічні властивості і твердість металу, а також габарити виробів, виконаних з феромагнітних поплавців у присутності кореляції між досліджуваними параметрами. Додатково пристрій служить для перевірки верхнього шару феромагнітних матеріалів, також для розгалуження металу за марками сталі до розведення металу згідно гатункам сталі. Пристроєм володіє інвертор, виконаний з відповідного електромагніту зі вбудованим датчиком та снімними головками полюса [10].

**Принцип роботи:** зі структурування наступний. Контрольована ділянка об'єкта намагнічується і відбувається подальше його розмагнічування зі зростаючим полем (рис. 3.8).



Рисунок 3.8 Принцип праці магнітних дефектоскопів

Далі проводиться фіксація напруженості магнітного поля відповідно до сили примусової сили матеріалу контрольованої заготовки та вимірюється амплітуда сигналів від датчика Холла. Основна схема використання Коерцитиметрії - управління з напруженим спотвореним станом (NDS) та залишковим ресурсом трубопроводів, підйомників, кранів і кабельних ліній, посудин під тиском, а також традиційний контроль виробництва в машинобудуванні та металургії [11].

Технічні можливості аналізу цього магнітного дефектоскопа

Відмінні риси структуроскопії - Коерцитиметри КРЦ-м

- перетворювач з додатковим дисплеєм та кнопками управління для основних функцій
- збільшення до 99 результатів, з можливістю використання інтелектуального середнього
- Пам'ять: до 100 000 намірів з можливістю перегляду їх на екрані ПК реальний час
- кожен збережений буде позначений датою та часом

- Можливість збереження резервної копії калібрувань для вбудованої пам'яті пристрою

- розумний датчик з вбудованою пам'яттю [12]

Таблиця 3.2. Основні технічні характеристики структуроскопії - Коерцитиметри КРЦ-М

Базові режими вимірювання	Вимірювання коерцитивної сили Вимірювання струму Вимірювання коду (умовні одиниці) Додаткові шкали для калібрування
Діапазон вимірювання коерцитивної сили, А / см (А / м)	1-40,0 (100-4000)
Тривалість циклу виміру, с, не більше	5
На магнічення	імпульсна
Додаткові шкали для калібрування, шт	7
Живлення	вбудований Li-Io акумулятор
Час автономної роботи, ч, не менше	8
Розмір електронного блоку, мм	270*230*70
Розмір перетворювача, мм	200*170*70

### 3.5 Висновок

1. У результаті аналізу сучасних методів дефектоскопії було визначено основні технічні характеристики приладів для виявлення та вимірювання внутрішніх дефектів матеріалу.

2. В залежності від методу дефектоскопії та приладу за допомогою якого може здійснюватися вимірювання «сліпа зона» може варіюватися від 2 до 5 мм.

3. До основних параметрів ультразвукового контролю можна віднести довжину хвилі, точність, розташування початкової точки вимірювання, кут введення радіуса ультразвуку до металу.

## **ВИСНОВКИ**

Тема дипломного проекту - удосконалення технологічного процесу виготовлення камери нагнітання 685.7030.001 шляхом концентрації механічних операцій

У ході виконання кваліфікаційної роботи магістра було виконано наступний осяг робіт.

Було розроблено більш сучасний технологічний процес де було обрано більш розвинуте і краще обладнання сьогодення. Було розроблено пристосування для затиску деталі, що є універсальне для більшості операцій.

У розділі “наукове – дослідження” було проаналізовано сучасні методики проведення дефектоскопічного контролю . Під час аналізу типових методик контролю визначили що ультразвукова дефектоскопія є найбільш передова в сьогоденні

## СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Осевые и центробежные компрессоры. Эккерт Б. Пер.с нем. / Пер. Фролов Е.С., Захаров Б.Д. - М.: Гос.науч.-техн.изд-во машиностроит.лит., 1959. - 678 с.
2. . Марочник сталей и сплавов. 2-е изд., доп. И испр./А.С. Зубченко, М.М. Колосков, Ю.В. Каширский и др. Под общ. ред. А.С. Зубченко – М.: Машиностроение, 2003. 784 с.: ил
- 3..Анализ технических тренований, выявление технологических задач, возникающие при изготовлении деталей и технологический анализ конструкции / под ред. А.Г.Косиловой. – Москва: МВТУ, 1982. -36 с.
4. Колесов И.М.Служебное назначение изделия и технические условия / И. М. Колесов. – Москва: Знание , 1977. – 64 с.
5. Маталин А. А. Технология машиностроения / А.А. Маталин.- Ленинград : Машиностроение, 1985. – 496 с
6. Гусев А. А. Технология машиностроение (специальная часть)/А. А. Гусев, Е.Р.Ковальчук, И. М. Колесов и др.-Москва: Машиностроение, 1986. – 480 с.
7. Проектирование и производство заготовок в машиностроении: Учеб. пособие / П.А. Руденко, Ю.А. Харламов, В.М. Плескач / Под общ. ред. В.М. Пескача. - К.: Выща шк., 1991. - 247 с., ил.
8. ГОСТ 7505-89\* «Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски».
9. Справочник технолога машиностроителя: в 2-т. / под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4- изд., перероб. и доп. – Москва : Машиностроение, 1986. – Т. 1 – 656 с.
10. Методичні вказівки до практичної роботи Розрахунок припусків дослідно – статичним методом з курсу Технологічні основи машинобудування для студентів бакалавратури 6.0902 Інженерна механіка усіх форм навчання / укладач О.У. Захаркін. – Суми : Вид-во СумДу, 2003. – 11с

11. Справочник технолога - машиностроителя. В 2-х т. Т. 1 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1972. 694 с., ил.
12. <https://ru.dmgmori.com/products/machines/milling/5-axis-milling/dmf/dmf-260-11-linear>
13. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормативования работ на металлорежущих станках. – Ч.1. Токарные, карусельные, токарно – револьверные, алмазно- расточные, сверлильные, долбежные и фрезерные станки. – Москва : Машиностроение, 1974. – 416 с.
14. Общемашиностроительные нормативы вспомогательного времени и времени на обслуживание рабочего места на работы, выполняемые на металлорежущих станках. Массовое производство. – Москва : Машиностроение, 1974. – 136с.
15. Станочные приспособления : справочник : в 2т. / под. ред. Б.Н. Вардашкина, В.В. Данилевского. Москва : Машиностроение, 1984. – Т.1. – 592 с.
16. Основи охорони праці. В. Ц. Жидецький, В. С. Джигирей, О. В. Мельников — Вид. 2-е, стереотипне. — Львів: Афіша, 2000. — 348 с.
17. ГОСТ 12997-76. Державна система промислових приладів і засобів автоматизації. Методи випробувань
18. ГОСТ 23858-79. З'єднання зварні стикові і таврові арматури залізобетонних конструкцій. Ультразвукові методи контролю якості. Правила приймання.
19. ГОСТ 22368-77. Контроль неруйнівний. Класифікація дефектності стикових зварних швів за результатами ультразвукового контролю.
20. ГОСТ 14782-86. Контроль неруйнівний. З'єднання зварні. Методи ультразвукові.
21. ГОСТ 21397-75. Контроль неруйнівний. Комплект стандартних зразків для ультразвукового контролю напівфабрикатів і виробів з

алюмінієвих сплавів. Основні параметри і технічні вимоги

22.ГОСТ 26266-90. Контроль неруйнівний. Перетворювачі ультразвукові. Загальні технічні вимоги.

23.ГОСТ 23702-90. Контроль неруйнівний. Перетворювачі ультразвукові. Методи випробувань.

24. Шеліхов, Г.С. Магніто порошкова дефектоскопія деталей і вузлів[Текст]: Практичний посібник / Г.С. Шеліхов; Під ред. В.Н. Лозівського. - М.: Наук.-техн. центр -Експерт, 1995.- 219, [5] с. мул 21 см.

25. <http://techdiagnostica.ru/stati/defectoscope.html>

26. Ключев, В.В. Прилади для неруйнівного контролю матеріалів і виробів / В.В. Ключев. - М.: Машинобудування, 1986. - 488 с.

27. Випробувальна техніка: довідник [Текст]: в 2-х т. / Г.С. Батуев [и др.]; Під ред. В.В. Ключева. - М.: Машинобудування, 1982. - 528 с.

28 Неруйнівні випробування: довідник [Текст]: в 2-х т. / Под ред. Р. Мак-Мастера. Л.: Енергія, 1965. - 504 с.