

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
Сумський державний університет  
Кафедра «Технологія машинобудування, верстати та інструменти»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ В.О. Залога

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 р.

**ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ  
ФЛАНЦЯ 160.32.00.13**

Бакалаврська кваліфікаційна робота  
Спеціальність – 131 Прикладна механіка  
(Технології машинобудування)

Студент

*В.Г. Отенко*

Керівник

*Ю.О. Денисенко*

Нормоконтроль

*Ю. О. Денисенко*

ЗАТВЕРДЖЕНО  
Наказ Міністерства освіти і науки,  
молоді та спорту України  
29 березня 2012 року № 384

Форма № Н-9.02

**Державний вищий навчальний заклад  
«Сумський державний університет»**

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

*Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів*  
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

**Пояснювальна записка**

до кваліфікаційної (роботи)

*перший (бакалаврський)*  
(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему *Проектування технологічного процесу виготовлення  
фланця 160.32.00.13*

Виконав: студент *IV* курсу, групи *ТМ-61-8*  
напряму підготовки (спеціальності)  
*131 – Прикладна механіка*  
*(Технології машинобудування)*  
(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

*Отенко В.Г.*

(прізвище та ініціали)

Керівник *Денисенко Ю.О.*  
(прізвище та ініціали)

Рецензент  
(прізвище та ініціали)

Суми – 2020

## РЕФЕРАТ

Записка: 77 с., 24 табл., 13 рис., 12 посилань

Об'єкт розробки: деталь «Фланець 160.32.00.13».

Мета роботи: впровадження прогресивних способів обробки у технологічний процес виготовлення деталі «Фланець 160.32.00.13».

В кваліфікаційній роботі виконаний аналіз службового призначення виробу «Насос», деталі «Фланець 160.32.00.13». Проаналізовані технічні вимоги на виготовлення деталі. Визначений тип виробництва – дрібносерійне та умови організації праці. Вибраний спосіб одержання заготовки – штамповка на КГШП. Проаналізована токарна та свердлильна з ЧПК операції, обґрунтований вибір схема базування, металорізального обладнання та технологічної оснастки. Також виконаний розрахунок режимів різання для даної операції та технічне нормування.

Спроектовано верстатне пристосування на свердлильну з ЧПК операцію.

Розглянуте питання з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

НАСОС, ТОЧІННЯ, ФЛАНЕЦЬ, РІЗЕЦЬ, СВЕРДЛО, МАРШРУТНИЙ  
ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ВЕРСТАТ

# ЗМІСТ

		с.
	Вступ.....	5
1	Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі. Опис конструктивних особливостей деталі та умов її експлуатації.....	6
2	Аналіз технічних вимог на виготовлені деталі .....	11
3	Визначення типу та форми організації виробництва .....	13
4	Аналіз технологічності конструкції .....	19
5	Вибір способу отримання заготовки.....	24
6	Аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення деталі.....	29
6.1	Розрахунок припусків на механічну обробку.....	30
6.2	Аналіз та обґрунтування схем базування і закріплення заготовки .....	32
6.3	Обґрунтування вибору металорізальних верстатів.....	37
6.4	Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів .....	38
6.5	Розрахунки режимів різання .....	40
6.6	Технічне нормування операцій .....	49
7	Проектування верстатного пристрою для установлення і закріплення заготовки .....	57
	Висновки.....	68
	Перелік джерел посилань.....	69
	Додаток А Креслення деталі.....	70
	Додаток Б Розрахунок припусків на ЕОМ.....	71
	Додаток Б Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	72

					ТМ 18510230 – 00 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Проектування технологічного процесу виготовлення «Фланець 160.32.00.13»	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Отенко					4	78
Провер.		Денисенко				СумДУ, ТМ-61-8		
Реценз.								
Н. Контр.		Денисенко						
Утверд.								

## ВСТУП

Машинобудування, надає та розробляє все кращу техніку для всіх сфер господарства, дає розуміння технічного прогресу країни і надає значний вплив для створення фінансової незалежності суспільства. У зв'язку з цим, для його прогресу завжди надається і буде надаватися першочергове значення.

Технологія машинобудування – це наука про виготовлення машин необхідного ступеню якості у заданому виробничою програмою кількістю і в певні строки при як можна менших затратах людської і уречевленої праці, тобто за найменшої собівартості.

В даний момент проводиться розробка проблематики впливу технологій на фізико-хімічний стан поверхневого шару металу заготовок які підлягають обробці, його дислокаційна будова, розміри кристалічних блоків і експлуатаційні властивості та надійність деталей машин. Триває вивчення проблеми технологічної спадковості і зміцнюючої технології. Розробляються методи оптимізації технологічних процесів для простішого досягання точності, продуктивності та економічності виготовлення деталей при наданні їм високих експлуатаційних якостей та безперебійності роботи машини.

Покращуються системи автоматизованого управління за ходом технологічного процесу з його оптимізацією по основним параметрам виготовлення і необхідним експлуатаційним якостям. Розгортаються проекти по створенню гібридних автоматизованих виробничих систем, в основі яких лежать ЕОМ, автоматизації доставки деталей між операціями та контролю і робототехніки. Надзвичайно міцний зв'язок технології машинобудування з наступними дисциплінами, теорія різання, металорізальні верстати та інструменти, допуски, технічні вимірювання, матеріалознавство та термічна обробка. Розглядати різноманітні технологічних питання без використання цих наук взагалі неможливо.

										Лист
										5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ТМ 18510230-00 ПЗ

# 1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МАШИНИ, ВУЗЛА, ДЕТАЛІ. ОПИС КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ДЕТАЛІ ТА УМОВ ЇЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Відповідно до завдання на дипломне проектування розглянемо стислий опис насоса шламового НШБ 160, до складу якого входить деталь "Фланець".

Загальні відомості про виріб:

Агрегати електронасосні шламові НШБ 160, НШБ 250 призначені для перекачування гідросумішей з дрібною твердою фракцією щільністю до 2000 кг/см. Максимальна твердість зважених часток не більше 3 по шкалі Мооса. Крупність окремих зважених частинок – не більше 20 мм. Температура перекачуємої гідросуміші 4 - 50 С°. Насоси і агрегати можуть бути встановлені у вибухобезпечній зоні класу І ДНАОП 0.00-1.32. Вид кліматичного виконання: для поставки в макрокліматичні райони з помірним кліматом У2 по ГОСТ 15150; для поставки в макрокліматичні райони з сухим і вологим тропічним кліматом Т1 по ГОСТ 15150. Приклад запису при замовленні відцентрового насоса шламового з торцевим ущільненням: «НШБ 250-35,5 Т У2 ТУ У 29.1-30175077-004:2009», де Н – насос; Ш – шламовий; Б – буровий; 250 – подача, м /год; 35,5 – напір, м; Т – торцеве ущільнення валу; У2 – вид кліматичного виконання.

Опис і робота насоса.

Агрегат на основі насоса НШБ 160-32, НШБ 160-32МТ та НШБ 250-35 складається з насоса, електродвигуна, сполучної муфти, кожуха та рами .Насос НШБ 160-32 відцентровий, горизонтальний, консольного типу, одноступінчатий з горизонтальним підведенням і верхнім вертикальним відведенням. Вал насоса встановлений в корпусі на підшипниках кочення: передні підшипники – роликові, стримують тільки радіальне навантаження, задні – радіально-упорні , стримують радіальне і знакоперемінне за напрямом осьове навантаження, що виникає при різних режимах роботи насоса. Підшипники і масляна ванна захищені від потрапляння в них перекачуємої гідросуміші і пилу гумовими манжетами. Ущільненням вала насоса слугує набивання. По мірі зношення

						ТМ 18510230-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			6

набивання його підтискають за допомогою натискної втулки. Ущільнення всмоктувальної сторони – торцеве. Робоче колесо нагвинчене різью на вал (права різьба). Робоче колесо закритого типу. Вказівки з установки й експлуатації насоса НШБ 160-32. Забороняється експлуатація насоса без попередньої заливки або з зашламованим всмоктувальним патрубком, оскільки це призведе до виходу з ладу торцевого ущільнення в результаті перегріву. У разі зупинки агрегату на тривалий час (може відбутися засихання розчину всередині насоса) – насос необхідно запустити на воді для промивання внутрішньої порожнини. Встановлення сальникової набивки проводиться в разі виходу з ладу торцевого ущільнення, що дає можливість продовжити роботу насоса до наступного циклу обслуговування і заміни торцевого ущільнення. Перед пуском насосу перевірити вільне обертання вала за напівмуфту. Забороняється регулювати продуктивність насоса засувкою на всмоктуючому трубопроводі, так як при цьому відбувається кавітація, що викликає вібрацію і передчасний вихід з ладу насоса. При зупинці агрегату необхідно поступово закрити засувку на нагнітальному трубопроводі, а потім вимкнути електродвигун. Після зупинки видалити з насоса залишок перекачуваних гідросумішей, вивернувши нижню пробку корпусу і промивши внутрішню порожнину насоса водою. У процесі роботи температура корпусу підшипника не повинна перевищувати 70 С°. Мاستило підшипників – масло ІЗ0А ГОС 20799-75. Масло заливається через верхній отвір в корпусі підшипників до контрольного отвору. Надмірне заповнення корпусу підшипників маслом, а також його забруднення приводить до нагрівання понад допустиму норму. Розглянемо безпосередньо саму деталь, службове призначення деталі «Фланець 160.32.00.13». Фланець виконує роль корпусу для повздовжнього руху крейцкопфа забезпечуючи його змащування через відповідні масло підводи. Аналіз службового призначення поверхонь деталі проводимо згідно складального креслення, рисунок 1.1.

					ТМ 18510230-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

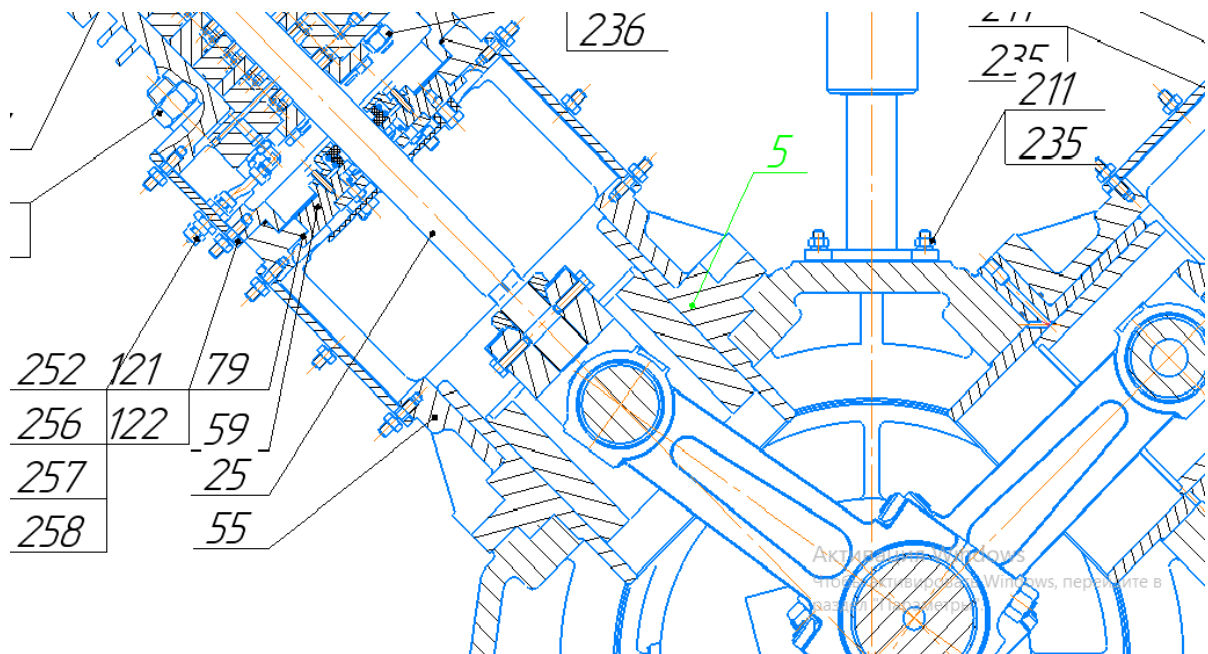


Рисунок 1.1 – Вузол насоса

На деталі «Фланець» можна виділити такі поверхні рисунок 1.2

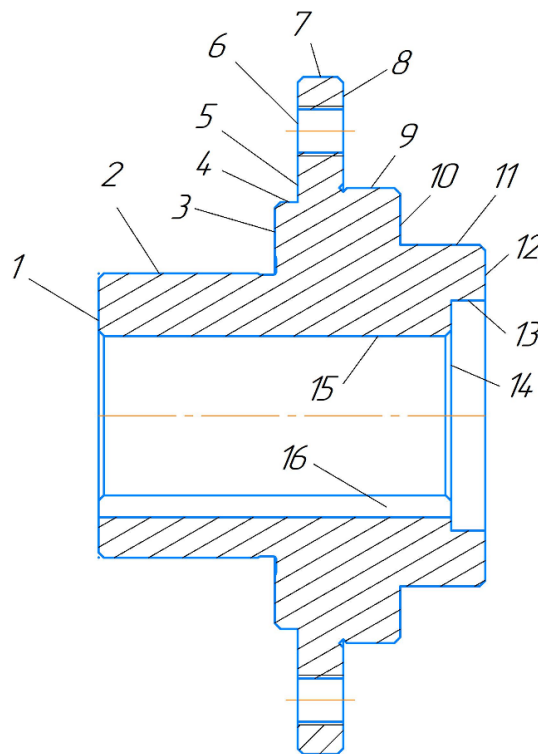


Рисунок 1.2 – Поверхні деталі «Фланець»

Розглянемо службове призначення кожної поверхні деталі:

– основні конструкторські (поверхні, по яких деталь базується у вузлі):

2,3,5,6



- допоміжні конструкторські (поверхні, по яких базуються інші дали по відношенню до даної) ;
- виконавчі (поверхні, завдяки яким деталь виконує своє функціональне призначення) ;
- вільні поверхні (служать для створення конфігурації , посилення конструкції деталі) – ВП.

Розглядаючи «Фланець» у вузлі можна стверджувати, що деталь позбавлена всіх шести ступенів свободи [10, с. 17.], рисунок 1.3.

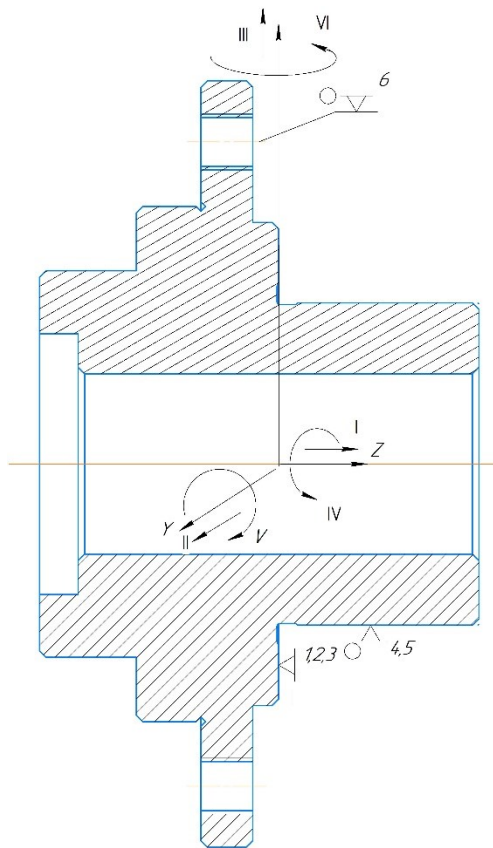


Рисунок 1.3 – Базування деталі в вузлі

На рисунку 1.3:

- торець фланцю, поверхня (установча база) позбавляє деталь трьох ступенів свободи:
- внутрішній діаметр 185(-0,004;-0,024), (подвійна опорна база) позбавляє деталь двох ступенів свободи;

– отвір діаметром 22, (опорна база) позбавляє деталь однієї ступені свободи.

Таблиця 1.1 – Таблиця відповідності

Зв'язки	Ступені вільності	Назви баз
1, 2, 3	I, V, VI	Установча база
4, 5	II, III	Подвійна опорна база
6	IV	Опорна база

Таблиця 1.2 – Матриця зв'язків

X,y,z/l, $\alpha$	X	Y	Z	Назви баз
<i>l</i>	0	0	1	Установча база
$\alpha$	1	1	0	
<i>l</i>	1	1	0	Подвійна опорна база
$\alpha$	0	0	0	
<i>l</i>	0	0	0	Опорна база
$\alpha$	0	0	1	

Проаналізувавши матриці можна сказати про те, що деталь в вузлі буде позбавлена всіх шести степенів вільності,  $U = 3 + 2 + 1 = 6$  степенів.

Висновок: Розглянутий насос призначений для перекачування різних гідросумішей і працює в важко навантажених умовах. До деталі пред'явлені жорсткі вимоги конструктором для забезпечення безвідмовної роботи виробу в цілому. Експлуатується при температурі навколишнього середовища від  $-2$  до  $+60$  °C з впливом агресивного навколишнього середовища (корозійна дія), під дією динамічних (знакоперемінних) навантажень, вібрації.

## 2 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ НА ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

Деталь "Фланець" являє собою тіло обертання та має типову конфігурацію. Відношення максимальної довжини до максимального діаметру складає  $L/D = 68/119 = 0,57$

1. Маса деталі складає 1,63 кг, деталь є легкою [3, с. 47].

Простановка розмірів виконана грамотно відповідно до вимог стандартів, що забезпечує легке читання креслення, вільне виконання та контроль розмірів в процесі механічної обробки.

Деталь "Фланець" входить до складу електронасосу шламового НШБ 160.

Поверхні деталі призначені:

- циліндричний отвір діаметром 28H7 призначений для базування деталі на валу із забезпеченням посадки з зазором H7/g6, шорсткість поверхні складає 1,6 мкм за критерієм Ra. Допуски форми та взаємного розташування поверхні для отвору 28H7 не зазначені. В той же час бажаним є забезпечення допуску форми, наприклад, циліндричності, що дозволить покращити умови складання та експлуатації виробу.

- правий торець "Фланця", як і циліндричний отвір 28H7 призначений для базування деталі у виробі. Разом із лівим торцем правий торець деталі забезпечує лінійний розмір 68h14, шорсткість поверхні складає 1,6 мкм за критерієм Ra. У даному випадку точність розміру (IT14) не відповідає шорсткості поверхні (Ra 1,6 мкм). Вважаю, що вимоги щодо шорсткості поверхні є завищеними.

- шпоночний паз 8JS9 призначений для передачі обертання (моменту обертання) з боку вала до інших деталей виробу. Кресленням деталі регламентовано шорсткість основи пазу, яка складає 6,3 мкм за критерієм Ra. Шорсткість бокових поверхонь пазу та вимоги щодо допусків форми та взаємного розміщення поверхонь не зазначені, що є неприйнятним. Зазвичай шорсткість бокових поверхонь шпоночного пазу складає 3,2 мкм за критерієм Ra. Бажаним є встановлення допусків паралельності та симетричності бокових поверхонь пазу.

									Лист
									11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

ТМ 18510230-00 ПЗ

– отвори М8-Н7 (8 отворів) призначені для установки в них гвинтів для фіксації інших деталей виробу відносно "Фланця". Кресленням деталі регламентовано шорсткість різі 6,3 мкм за критерієм Ra, зазвичай шорсткість різі складає 3,2 мкм за критерієм Ra. Також для отворів М8-7Н бажаним є встановлення вимог щодо позиційного допуску, що дозволить покращити умови складання виробу.

– циліндрична поверхня діаметром 50k6 призначена для базування підшипника, тому до неї проставлені жорсткі вимоги, а саме 6 квалітет точності, допуск радіального биття 0,02 мм відносно центрального отвору, шорсткість поверхні 0,8 мкм за Ra.

– циліндрична поверхня діаметром 80h6 призначена для встановлення "Диска", тому до неї також проставлені жорсткі вимоги, а саме 6 квалітет точності, допуск радіального биття – 0,02 мм відносно центрального отвору, шорсткість поверхні 0,8 мкм за критерієм Ra.

					ТМ 18510230-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

### 3 ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ТА ФОРМИ ОРГАНІЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА

Тип виробництва характеризується коефіцієнтом закріплення операцій  $K_{30}$  [3, 5], який показує відношення всіх різноманітних технологічних операцій, виконуваних на протязі місяця до кількості робочих місць.

$$K_{3.0.} = \Sigma O / \Sigma P, \quad (3.1)$$

де  $\Sigma O$  – сумарне число різноманітних операцій;

$\Sigma P$  – число робітників виконуючих ці операції.

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

Штучно-калькуляційний час беремо з базового технологічного процесу. Данні заносимо до таблиці 3.1.

Розрахункова кількість верстатів по операціям знаходимо за формулою:

$$m_p = \frac{N_{річ} \cdot T_{ш-к}}{60 \times F_d \cdot \eta_{з.н.ср.}}$$

де  $N_{річ.}$  – річна програма випуску деталей, 1600 шт;

$F_d = 4029$  – дійсний річний фонд часу роботи обладнання [3, с.22, табл. 2.1];

$\eta_{з.н.ср.} = 0,75 \dots 0,8 = 0,8$  – середнє значення нормативного коефіцієнта завантаження обладнання [3, с.20].

Виконаємо розрахунок необхідної кількості обладнання:

$$m_p = \frac{1600 \cdot 4,65}{60 \cdot 4029 \cdot 0,8} = 0,038 \text{ шт.}$$

Число робочих місць  $P$  знаходимо шляхом округлення до ближнього цілого числа отриманого значення  $m_p$ :  $P=1$ . Результати розрахунків для всіх інших механічних операцій приведені в таблиці 3.1.

Фактичний коефіцієнт завантаження обладнання робочого місця знаходиться за формулою:

					ТМ 18510230-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

$$\eta_{з.ф.} = \frac{m_p}{P}$$

$$\eta_{з.ф.} = \frac{0,038}{1} = 0,038$$

Результати розрахунків для інших механічних операцій представимо в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1– Визначення типу виробництва

№ операції	Найменування операції	T <sub>ш-к</sub> , хв.	m <sub>p</sub> , шт.	P, шт.	η <sub>з.ф.</sub>	O
020	Токарна з ЧПК	4,65	0,038	1	0,038	21
030	Протяжна	3,22	0,027	1	0,027	30
040	Свердлильна з ЧПК	6,9	0,057	1	0,057	14
055	Шліфувальна	8,1	0,067	1	0,067	12
		22,87	-	4	-	77

Кількість операцій виконуваних на робочому місці:

$$O = \frac{\eta_{з.н.ср.}}{\eta_{з.ф.}}$$

$$O = \frac{0,8}{0,038} = 21.$$

Результати розрахунків для інших операцій заносимо до таблиці 3.1.

Знаходимо  $\Sigma P$ ,  $\Sigma O$ ,  $\Sigma T_{ш-к}$ , результати розрахунків заносимо до таблиці 3.1.

Коефіцієнт закріплення операцій знаходимо по формулі:

$$K_{з.о.} = \frac{\Sigma O}{\Sigma P} = \frac{77}{4} = 20,25$$

Розраховане значення коефіцієнта ( $20 < K_{з.о.} < 40$ ) відповідає дрібносерійному типу виробництва [3, с. 31; ГОСТ 14.004-83]

Визначення форми організації виробництва.

Добовий випуск деталей:

$$N_{\text{доб.}} = \frac{N}{C},$$

де  $C = 254$  дня – кількість робочих днів у році [3, с. 22]

$$N_{\text{доб.}} = \frac{1600}{254} = 7 \text{ шт/день.}$$

Добовий фонд часу роботи обладнання:

$$F_{\text{доб.}} = \frac{60 \cdot F_{\text{д.}}}{254},$$

$$F_{\text{доб.}} = \frac{60 \cdot 4029}{254} = 952 \text{ хв.}$$

Середня трудомісткість механічних операцій:

$$T_{\text{ср.}} = \frac{\sum T_{\text{ш-к}}}{n},$$

де  $n$  – число механічних операцій,  $n=4$ ;

$$T_{\text{ср.}} = \frac{22,87}{4} = 5,71 \text{ хв.}$$

Добова потужність потокової лінії при її завантаженні на 60% розраховується:

$$Q_{\text{доб.}} = \frac{F_{\text{доб.}}}{T_{\text{ср.}}} \cdot 0,6,$$

$$Q_{\text{доб.}} = \frac{952}{5,71} \cdot 0,6 = 100 \text{ шт.}$$

При порівнянні  $N_{\text{доб.}}=10 < Q_{\text{доб.}}=100$  бачимо, що добовий випуск деталей на багато менше добової потужності потокової лінії при її завантаженні на 60%, тобто використання одно номенклатурної потокової лінії нераціонально, тому приймаємо групову форму організації праці.

					ТМ 18510230-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

Групове виробництво – це форма організації виробничих процесів, що дозволяє забезпечувати пропорційність, безперервність, прямоточність і ритмічність одиничного, дрібно- і середньосерійного виробництва за рахунок застосування методів і засобів, властивих великосерійному і масовому виробництву.

Коротка характеристика обраного типу виробництва.

При дрібносерійному виробництві вироби виготовляють партіями або дрібними серіями, що складаються з однойменних, однотипних по конструкції і однакових за розмірами виробів, що запускаються у виробництво одночасно. Основним принципом цього виду виробництва є виготовлення всієї партії (серії) цілісно як в обробці, так і в збірці.

Дрібносерійний тип виробництва характеризується обмеженою номенклатурою виробів, виготовлених періодично повторюваними партіями і порівняно великим обсягом випуску. Коефіцієнт закріплення операцій 20-40.

Використовується універсальне і спеціалізоване і частково спеціальне обладнання. Широко застосовуються верстати з ЧПУ, обробні центри, а також гнучкі автоматизовані системи на основі верстатів з ЧПУ, пов'язаних транспортуючими пристроями, керованими від ЕОМ. Устаткування розставляється по технологічним групам з урахуванням напрямку основних вантажопотоків цеху, по предметно-замкнутим ділянкам.

Технологічна оснастка в основному універсальна, Велике поширення має універсально-збірна, переналагоджувати технологічне оснащення, що дозволяє значно підвищити коефіцієнт оснащеності дрібносерійного виробництва.

У якості вихідних заготовок використовується гарячий і холодний прокат, лиття в землю і під тиском, точне лиття, поковки і точні штамповки.

Необхідна точність досягається як методами автоматичного отримання розмірів, так і методами пробних проходів з частковим застосуванням розмітки для складних корпусних деталей.

Кваліфікація робітників вище ніж в масовому виробництві, але нижча ніж в одиничному. Поряд з робітниками універсалами та наладчиками, працюючими

									Лист
									16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

ТМ 18510230-00 ПЗ



на складному універсальному обладнанні використовуються робітники-оператори, що працюють на настроєних верстатах.

В залежності від особливості технології виробництва та обсягу випуску забезпечується повна, неповна, групова взаємозамінність, однак застосовується і пригін по місцю, компенсація розмірів.

Технологічна документація та нормування докладно розробляється для найбільш складних і відповідальних заготовок і спрощеного нормування для простих заготовок.

Застосовуваний різальний інструмент – універсальний і спеціальний.

Вимірювальний інструмент – калібри, спеціальний вимірювальний інструмент.

У дрібносерійному виробництві технологічний процес переважно диференційований, тобто розчленований на окремі операції, які закріплені за окремими визначеними верстатами. Верстати застосовуються універсальні, спеціалізовані, спеціальні, автоматизовані, агрегати.

Дрібносерійне виробництво значно економніше, ніж одиничне виробництво, так як краще використання устаткування, спеціалізація робочих, збільшення продуктивності праці забезпечують зменшення собівартості продукції.

Дрібносерійне виробництво характеризується тим, що за кожним робочим місцем відповідно до ГОСТ 3.1108-74 закріплено від 21 до 40 операцій.

Розраховуємо кількість деталей в партії

$$N_{\text{парт.р}} = N_{\text{об.}} \cdot a = 10 \cdot 12 = 120 \text{ шт.}$$

де  $a = 12$  дня – періодичність запуску деталей в виготовлення по [3, с. 23].

Корегуємо розмір партії за рахунок визначення числа змін на обробку всієї партії

$$C = \frac{T_{\text{ср}} \cdot N_{\text{парт.р}}}{F_{\text{з.м.}} \cdot \eta_{\text{з.н.}}} = \frac{5,71 \cdot 120}{476 \cdot 0,75} = 1,92$$

					ТМ 18510230-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

де  $F_{зм} = F_{доб}/в = 952/2=476$  хв – змінний фонд часу роботи обладнання;

$в = 2$  зміни – кількість змін, за добу

$\eta_{зн} = 0,75$  – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання по [3, с. 20].

Число змін  $C$  округлюємо до найближчого цілого значення  $C_{пр} = 1$ .

Тоді число деталей в партії :

$$N_{парт} = \frac{F_{зм} \cdot C_{пр} \cdot \eta_{зн}}{T_{ср}} = \frac{476 \cdot 2 \cdot 0,75}{5,71} = 125 \text{ шт.}$$

					ТМ 18510230-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

## 4 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЇ

Аналіз технологічності заданої деталі.

Технологічність конструкції деталі - це така вимога до деталі, яка включає в себе можливість обробки з найбільшою продуктивністю праці та найменшою собівартістю

До якісних критеріїв оцінки входять [4] с.129 :

1. Матеріал заготовки
2. Базування та закріплення деталі під час обробки
3. Простановка розмірів
4. Наявність жорстких вимог допусків форм і розташування
5. Взаємозамінність деталі
6. Нетехнологічні конструкційні елементи
  - а) складність контуру деталі
  - б) глухі, малого діаметру, розташовані під кутом отвори
  - в) різноманітність розмірів різьбових отворів
  - г) перепади діаметрів в обидві сторони
  - д) різні розміри фасок, канавок на одній деталі

До кількісних показників технологічності відносяться:

- а) коефіцієнт використання заготовки та матеріалу
- б) коефіцієнт точності
- в) коефіцієнт шорсткості – собівартість
- г) коефіцієнт уніфікації

Відношення максимальної довжини до максимального діаметру складає  $L/D = 68/119 = 0,57$  1, що забезпечує достатню жорсткість заготовки при її закріпленні та обробку без спеціальних пристосувань.

Маса деталі складає 1,63 кг, що не потребує застосування додаткових технічних засобів під час її транспортування та встановлення на верстаті.

Матеріал деталі: Конструкційна сталь 40Х ГОСТ4543-71 (хімічний склад, та технологічні властивості наведені в таблицях 4.1 - 4.2.

									Лист
									19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

ТМ 18510230-00 ПЗ

Призначення: осі, вали, вал-шестерні, плунжери, штоки, колінчаті і кулачкові вали, кільця, шпинделі, оправки, рейки, губчасті вінці, болти, втулки та інші деталі підвищеної міцності.

Види поставки – сортовий прокат, в тому числі і фасонний, калібрувальний пруток, шліфувальний пруток, лист товстий, поковки та ковані заготовки, валки, труби.

Замінники – сталі марок 45Х, 38ХА, 40ХН, 40ХС, 40ХФ, 40ХР

Таблиця 4.1 – Хімічний склад сталі 40Х ГОСТ4543-71

Хімічний елемент	%
Кремній (Si)	0.17–0.37
Марганець (Mn)	0.50–0.80
Мідь (Cu), , не більше	0.30
Нікель (Ni), не більше	0.30
Сірка (S), не більше	0.035
Вуглець (C)	0.36–0.44
Фосфор (P), не більше	0.035
Хром (Cr)	0.80–1.10

Таблиця 4.2 – Технологічні властивості сталі 40Х ГОСТ4543-71

<b>Температура ковки</b>
<i>Початок 1250, кінець 800. Переріз до 350 мм охолоджується на повітрі</i>
<b>Зварюваність</b>
<i>Важкозварювана. Методи зварювання РДС, ЕШС. Необхідні підгрів і послідувача термообробка КТС – необхідна послідувача термообробка.</i>
<b>Обробка різанням</b>
<i>В горячекатаному стані при HB 163–168</i>
<b>Схильність до отпускних можливостей</b>
<i>Схильна</i>
<b>Флокенечутливість</b>
<i>Чутлива</i>

Креслення не має жорстких вимоги щодо розташування отворів. Допуск радіального биття поверхонь діаметром 50k6 та 80h6 відносно бази А складає 0,02 мм, він досягається на шліфувальній операції завдяки закріпленню деталі на

						ТМ 18510230-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			20

оправці за базу А, яка являється вимірювальною та подвійною направляючою базою, це досягається завдяки принципц сумісності баз.

Базування деталі не викликає особливих труднощів завдяки наявності ряду розвинених поверхонь простої форми (плоских торців, циліндричних зовнішніх та внутрішніх).

В деталі присутні такі не технолошічні елементи як:

- перепади діаметрів в обидві сторони
- канавки В та Г, тому що потребують спеціального інструмента заточеного з радіусом R0.5

Характеристики поверхонь деталі наведені в таблиці 1.3.

Кількісна оцінка технологічності конструкції

Коефіцієнт використання заготовки.

$$K_3 = m_d / m_3 > 0,7, \quad (4.1)$$

де  $m_d = 1,63$  кг – маса деталі;

$m_3 = 6,4$  кг – маса заготовки

$K_3 = 1.63 / 6.4 = 0,26 < 0,7$  – умова не виконується, деталь не технологічна.

Коефіцієнт використання матеріалу визначимо за формулою

$$K_m = m_d / (m_3 + m_{ввз}) > 0,64, \quad (4.2)$$

де  $m_d = 1,63$  кг,  $m_3 = 6,4$  кг,

$m_{ввз} = 0,2m_3 = 0,2 * 6,4 = 1,3$  кг – маса відходів виробництва заготовки.

$K_m = 1,63 / (m_3 + m_{ввз}) = 0,3 < 0,64$  – умова не виконується.

Коефіцієнт шорхності визначаємо за формулою

$$K_{ш} = \frac{1}{B_{cp}} < 0,32 \quad (4.3)$$

де  $B_{cp}$  – середня шорхність.

					ТМ 18510230-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

$$B_{cp} = \frac{(2 \cdot 16 + 0,8 \cdot 6 + 22 \cdot 6,3)}{30} = 4,89 \text{ мкм.}$$

$$K_w = \frac{1}{B_{cp}} = \frac{1}{4,33} = 0,20 < 0,32.$$

Таблиця 4.3 – Характеристика поверхонь деталі

Назва поверхні	Кількість поверхонь	Параметри шорхності, Ra, мкм	Квалітет точності
<i>Зовнішні циліндричні</i>			
φ 75	1	6,3	14
φ 50	1	0,8	6
φ 60	1	6,3	14
φ 80	1	0,8	6
φ 119	1	6,3	14
<i>Внутрішні циліндричні</i>			
φ 28	1	1,6	7
φ 40,5	1	6,3	14
<i>Лінійні</i>			
Торець l=68	1	0,8	14
Торець l=68	1	1,6	14
Торець l=31	1	0,8	14
Торець l=8	2	0,8	14
Торець l=10	1	6,3	14
<i>Інші</i>			
Канавка b1x45°	1	6,3	14
Різь М8-7H	8	6,3	7
Фаска 1x45°	6	6,3	14
Шпанковий паз l8	1	6,3	9
Торцева радіусна протачка l3	1	6,3	14
<i>Всього</i>	30		

Так як коефіцієнт відповідає нормі то по даному критерію деталь вважається технологічною.

Коефіцієнт точності обробки визначається за формулою

$$K_m = 1 - \left( \frac{1}{A_{cp}} \right) > 0,8.$$

$$A_{cp} = \frac{(18 \cdot 14 + 9 + 9 \cdot 7 + 2 \cdot 6)}{30} = \frac{336}{30} = 11,2.$$

$$K_m = 1 - \left( \frac{1}{A_{cp}} \right) = 1 - \frac{1}{11,2} = 1 - 0,089 = 0,911 > 0,8.$$

Так як коефіцієнт відповідає нормі то по даному критерію деталь вважається технологічною.

З аналізу технологічності можна зробити висновок що деталь в цілому є технологічною, хоча деякі поверхні не є такими, але їх можна обробити за допомогою спеціального пристрою та ріжучого інструмента.

					ТМ 18510230-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

## 5 ВИБІР СПОСОБУ ОТРИМАННЯ ЗАГОТОВКИ

Основною умовою раціональної технології є максимальне приближення форми та розмірів заготовки до форми готової деталі.

В базовому технологічному процесі виготовлення деталі "Фланець" заготовку отримують з круглого прокату 122 мм розрізанням прутка довжиною 70 мм.

Як бачимо розміри прокату максимально наближені до максимального діаметрального розміру готової деталі. Отримання заготовки у вигляді круглого прокату є досить простим та дешевим способом. В той же час конфігурація такої заготовки є далекою від конфігурації готової деталі, що визначає наявність великих напусків та припусків, видалення яких потребуватиме додаткової механічної обробки заготовки, що призведе до зменшення продуктивності виготовлення деталі.

Розрізання прокату зазвичай здійснюється стрічковою пилою: ріжуча частина верстата представлена замкнутою стрічкою пильного полотна із зубами з твердого сплаву, які приводяться у рух шківом зв'язаним з електродвигуном.

Перевагами такого методу є:

- висока точність розмірів деталі;
- відсутність заусенців (не потрібно зачищати торці заготовки);
- відсутній перегрів металу.

Коефіцієнт використання заготовки за базовим варіантом

$$K_3 = \frac{m_3}{m_0} \quad (5.1)$$

де  $m_3$  – маса заготовки,

$m_0$  – маса готової деталі.

$$K_3 = \frac{163}{6.4} = 0,25.$$

					ТМ 18510230-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24



У зв'язку зі збільшенням обсягів випуску виробів та переходу на середньосерійний тип виробництва, в якості метода одержання заготовки пропоную взяти штамповку на КГШП, тому що даний метод є більш продуктивним, адже заготовка у вигляді поковки штампуванням має мінімальні напуск та припуски, тому при подальшій механічній обробці заготовки менша кількість металу йде у стружку, в результаті менше часу буде витрачено на її обробку. Недоліком даного методу є більша дороговизна в порівнянні з заводським методом, але у зв'язку зі збільшенням випуску деталей в середньосерійному виробництві він є виправданим.

Собівартість заготовки з прокату:

Визначимо собівартість за наступною формулою:

$$S_{\text{заг}} = \left( \frac{C}{1000} * Q * K_T * K_T * K_M * K_T * K_H * K_B \right) - (Q - q) * \frac{S_{\text{відх}}}{1000} \quad (5.2)$$

де  $C=28100$  грн базова вартість 1 тони заготовки, грн;

$Q = 6.4$  кг маса заготовки;

$q=1.63$  кг маса деталі;

$K_m=1$  коефіцієнт враховуючий точність поковки;

$K_M=0,93$  коефіцієнт враховуючий властивості матеріалу;

$K_n=1,15$  коефіцієнт враховуючий групу серійності;

$K_H=1$  коефіцієнт враховуючий групу складності;

$K_e=1$  коефіцієнт враховуючий масу поковки;

$S_{\text{відх}}=7500$  грн ціна 1 тони відходів.

$$S_{\text{заг}} = \left( \frac{28100}{1000} * 6,4 * 1 * 0,93 * 1,15 * 1 * 1 \right) - (6,4 - 1,63) * \frac{7500}{1000} = 1406,7 \text{ грн}$$

					ТМ 18510230-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

Визначимо собівартість заготовки при штампуванні на КГШП за формулою (5.2).

Для цього способу:

$C=28100$  грн базова вартість 1 тони заготовки, грн;

$Q = 2,75$  кг маса заготовки;

$q = 1,63$  кг маса деталі;

$K_m=1$  коефіцієнт враховуючий точність поковки;

$K_M=0,93$  коефіцієнт враховуючий властивості матеріалу;

$K_n=1,15$  коефіцієнт враховуючий групу серійності;

$K_H=1$  коефіцієнт враховуючий групу складності;

$K_e=1$  коефіцієнт враховуючий масу поковки;

$S_{відх}=7500$  грн ціна 1 тони відходів.

$$S_{заг} = \left( \frac{28100}{1000} * 2,75 * 1 * 0,93 * 1,15 * 1 * 1 - (2,75 - 1,63) \right) * \frac{7500}{1000} = 217 \text{ грн}$$

Отже, за економічними розрахунками доцільно штампування на КГШП.

Користуючись ГОСТом 7505-89 визначаємо параметри заготовки( розміри заготовки наведені в таблиці 1.5)

1. Клас точності: Т4
2. Група Сталі: М2
3. Ступінь складності: С
4. М - розрахункова маса поковки

$$M_n = M_b * K_p \quad (5.2)$$

де М – маса готової деталі, М=1,63 кг

$K_0$  – розрахунковий коефіцієнт,  $K=1.4$

					ТМ 18510230-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

$$M=1,63*1.4=2,28 \text{ (кг)}$$

$M_{\phi}$  – маса описуючої фігури

$$M_{\phi} = \frac{\pi * d^2}{4} * L * \rho \quad (8)$$

де  $d$  – діаметр,  $d=119$  мм

$L$  – довжина,  $L=68$  мм

$\rho$  – щільність сталі,  $\rho=7.82$  г/см<sup>3</sup>

$$M_{\phi} = \frac{3.14 * 119^2}{4} * 6.8 * 7.82 = 5910 = 2.75 \text{ (кг)}$$

Відношення  $M/M_{\phi}=1,63/2,75=0.59$ , тому ступінь складності – С3

5. Конфігурація поверхні рознімання штампа - плоска: по поздовжній осі деталі і по площині найбільшого діаметра фланця (так як штампування заготовки проводиться на КГШП).

6. Вихідний індекс – 14

7. Припуски на механічну обробку:

2.2 мм – діаметр 50 мм і чистота поверхні 0,8 мкм

2.0 мм – діаметр 75 мм і чистота поверхні 6,3 мкм

2.3 мм – діаметр 119 мм и чистота поверхні 6,3 мкм

2.3 мм – діаметр 80 мм и чистота поверхні 0,8 мкм

2.2 мм – діаметр 60 мм і чистота поверхні 6,3 мкм

2.0 мм – довжина 68 мм и чистота поверхні 6.3 мкм

1.8 мм – довжина 8 мм и чистота поверхні 6.3 мкм

1.8 мм – довжина 22 мм и чистота поверхні 6.3 мкм

Зміщення по поверхні рознімання штампа – 0.3 мм

Відхилення від площинності та прямолінійності – 0.5 мм

8. Розмір поковки

діаметр  $50+(2,2+0.5)*2 = 55,4$  мм

					ТМ 18510230-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

діаметр  $75+(2,0+0.5)*2 = 80$  мм

діаметр  $119+(2,3+0.5)*2 = 124,6$  мм

діаметр  $80+(2,3+0.5)*2 = 85,6$  мм

діаметр  $60+(2,2+0.5)*2 = 65,4$  мм

довжина  $68+(2,0+0.3)*2 = 72,6$  мм

довжина  $8+(1.8+0.3)*2 = 12,1$  мм

довжина  $22+(1.8+0.3)*2 = 26,1$  мм

9. Допустимі відхилення розмірів (талиця 5.1)

Таблиця 5.1 – Допуски на відхилення розмірів

<i>діаметр <math>55_{-10}^{-18}</math></i>	<i>діаметр <math>80_{-10}^{-18}</math></i>	<i>діаметр <math>125_{-11}^{-21}</math></i>
<i>діаметр <math>86_{-10}^{-18}</math></i>	<i>діаметр <math>65_{-10}^{-18}</math></i>	
<i>довжина <math>73_{-10}^{-18}</math></i>	<i>довжина <math>12_{-0,9}^{-16}</math></i>	<i>довжина <math>26_{-0,9}^{-16}</math></i>

Таблиця 5.2 – Розрахунок розмірів заготовки

<i>Розмір деталі</i>	<i>Чист. поверх.</i>	<i>Основний припуск</i>	<i>Додат. припуск</i>	<i>Загальний припуск</i>	<i>Розр-ковий розмір заготовки</i>	<i>Принятий розмір заготовки</i>	<i>Фактичний припуск</i>
<i>φ50</i>	<i>0,8</i>	<i>2,2</i>	<i>0,5</i>	<i>2,7</i>	<i>φ55,4</i>	<i>φ55</i>	<i>5,0</i>
<i>φ75</i>	<i>6,3</i>	<i>2,0</i>	<i>0,5</i>	<i>2,5</i>	<i>φ80</i>	<i>φ80</i>	<i>5,0</i>
<i>φ119</i>	<i>6,3</i>	<i>2,3</i>	<i>0,5</i>	<i>2,8</i>	<i>φ124,6</i>	<i>φ125</i>	<i>6,0</i>
<i>φ80</i>	<i>0,8</i>	<i>2,3</i>	<i>0,5</i>	<i>2,8</i>	<i>φ85,6</i>	<i>φ86</i>	<i>6,0</i>
<i>φ60</i>	<i>6,3</i>	<i>2,2</i>	<i>0,5</i>	<i>1,7</i>	<i>φ65,4</i>	<i>φ65</i>	<i>5,0</i>
<i>L<sub>0</sub>=68</i>	<i>6,3</i>	<i>2,0</i>	<i>0,3</i>	<i>2,3</i>	<i>L<sub>0</sub>=72,6</i>	<i>L<sub>0</sub>=73</i>	<i>5,0</i>
<i>L<sub>0</sub>=22</i>	<i>6,3</i>	<i>1,8</i>	<i>0,3</i>	<i>2,1</i>	<i>L<sub>0</sub>=26,1</i>	<i>L<sub>0</sub>=26</i>	<i>4,0</i>
<i>L<sub>0</sub>=8</i>	<i>6,3</i>	<i>1,8</i>	<i>0,3</i>	<i>2,1</i>	<i>L<sub>0</sub>=12,1</i>	<i>L<sub>0</sub>=12</i>	<i>4,0</i>

<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>

ТМ 18510230-00 ПЗ

*Лист*

28

## 6 АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО ЧИ ТИПОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Розглянемо заводський аналог технологічного процесу виготовлення деталі «Фланець».

Технологічний процес складений відповідно з виконанням технічних вимог для одержання даної деталі.

Використане обладнання в заводському технологічному процесі є досить застарілим, 80-90-х років випуску, відповідно воно не продуктивне. Так як кінематика верстата не розрахована на прогресивні режими різання, в зв'язку з інтенсивним використанням обладнання досить зношене та не точне.

Використовуваний пристрій на обладнанні є універсальним з ручним закріпленням. На токарних операціях використовуються трьохкулачкові патрони, з великим зносом, в результаті чого закріплення є неточним та в процесі установки заготовки її вивіряють та виставляють, що значно збільшує допоміжний час а як наслідок і собівартість деталі та вузла в цілому. На свердлильній операції використовуються прихвати, заготовка базується на столі верстата з попередньою виставкою відносно шпинделя. В проектованому технологічному процесі будемо використовувати спеціальні верстатні пристрої з пневмоприводом, що дозволять однаково базувати заготовки, та досить швидко їх закріпляти.

Базовий технологічний процес містить в собі універсальне обладнання, в результаті чого використовується розмічувальні операції, тому в проектованому обладнанні буде замінене на подібне, котре має систему ЧПК в результаті чого відпаде необхідність в застосуванні розмічувальних операцій, зниження кваліфікації працівників. Також проектований технологічний процес буде більш продуктивний.

Маршрутний технологічний процес складений на бланках застарілого зразку та написаний під кальку чорнилом. Норми часу знаходяться в окремій книзі, маршрутна книга з проставленими підготовчо заключний та штучний час.

										Лист
										29
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ТМ 18510230-00 ПЗ

Дане оформлення документа не відповідає діючому стандарту та потребує переоформлення під існуючі.

Застосована оснастка є стандартною згідно діючих ГОСТ, що робить технологічний процес більш уніфікованим, хоча в сучасному машинобудуванні потрібно використовувати сучасний ріжучий інструмент передових компаній.

### 6.1 Розрахунок припусків на механічну обробку

Виконаємо розрахунок припусків та знайдемо розміри на обробку зовнішньої циліндричної поверхні Ø50k6.

Розрахунок проведений на ЕРМ та підшитий в додатках.

Розрахункова формула для знаходження припуску зовнішньої циліндричної поверхні має вигляд:

$$2z_{\min} = 2(R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1} + \varepsilon_i^2}),$$

де  $R_{z_{i-1}}$  – величина мікро нерівностей поверхні отриманої на попередній операції (переході);

$h_{i-1}$  – глибина дефектного шару поверхні отриманої на попередній операції (переході);

$\rho_{i-1}$  – величина просторового відхилення форми поверхні отриманої на попередній операції (переході);

$\varepsilon_i$  – похибка на виконуваний операції (переході).

Перераховані показники є величинами табличними окрім  $\rho_{i-1}$ , яка розраховується як

$$\rho_{заг} = \sqrt{\rho_{зм}^2 + \rho_{кор}^2} = \sqrt{(1 \cdot 215)^2 + 700^2} = 732 \text{ мкм},$$

						ТМ 18510230-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			30

а  $\rho_{i-1}$  знаходиться в процентному відношенні від  $\rho_{заг}$  тоді  $\rho_{чорн} = \rho_{заг} k_y$ , де  $k_y = 0,04-0,06$ , в залежності від переходу. Знайдемо для кожного з переходів:  $\rho_{чор} = 732 \cdot 0,06 = 43$  мкм,  $\rho_{н/ч} = 732 \cdot 0,05 = 37$  мкм,  $\rho_{чист} = 732 \cdot 0,04 = 29$  мкм.

Вихідні дані для розрахунку припусків на ЕОМ приведені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Вихідні дані

Назва переходу	Познач. Точності	Границя відх.	Елементи припуска, мкм			
			$R_{zi-1}$	$H_{i-1}$	$\rho_{i-1}$	$\epsilon_{yi}$
Штампування	кв.13	+1,8 -1,0	250	250	732	-
Точіння чорнове	кв. 12	-0,25	150	150	43	400
Точіння чистове	кв.9	-0,039	50	50	37	100
Шліфування	кв.7	+0,018 +0,002	20	20	29	0

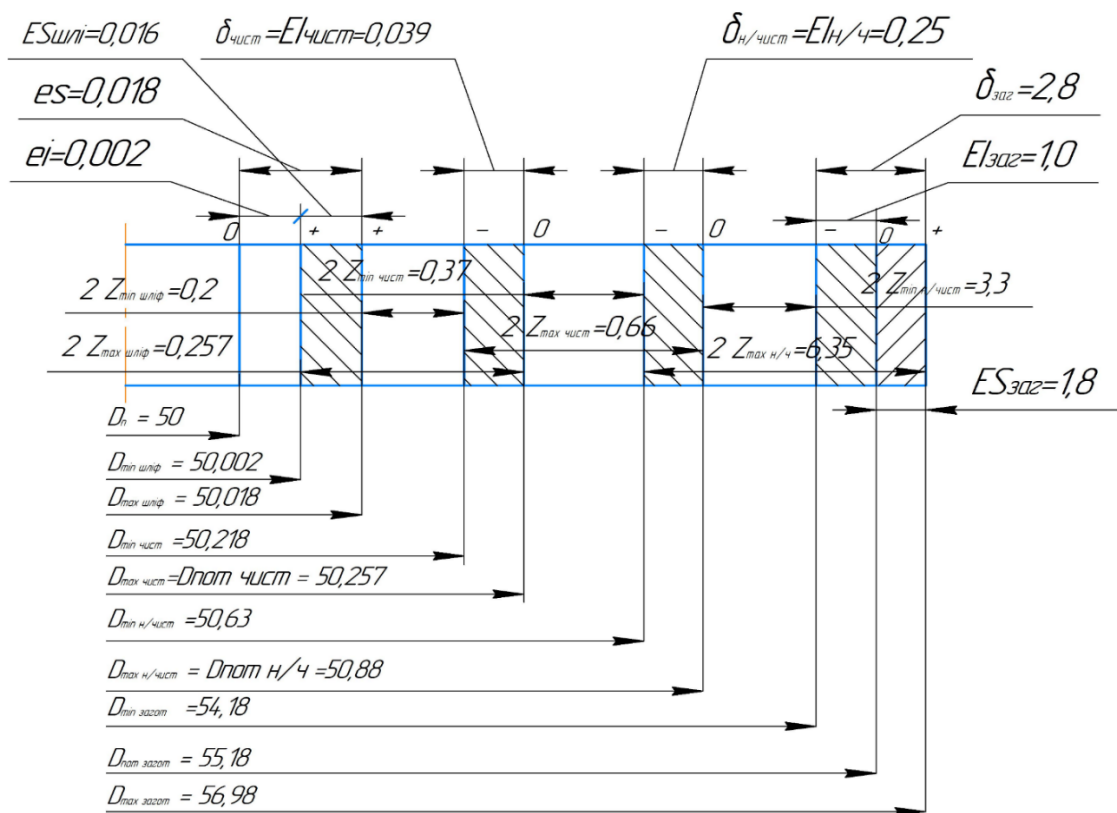


Рисунок 6.1 – Схема розміщення припусків на обробку діаметрального розміру  $\varnothing 50k6$  мм

## 6.2 Аналіз та обґрунтування схеми базування і закріплення заготовки

Проаналізуємо схему базування заготовки, та її можливі варіанти для операції 020 Токарна з ЧПК. На цій операції проводиться обточування поверхонь згідно ескіза. Схеми базування заготовки приведено на рисунках 6.2 та 6.3.

Розглянемо спосіб базування заготовки по діаметру 65 мм і прилеглому торцю  $15_{-0,09}$  мм. В даному випадку під час базування виникають 2 бази: 1 – встановлювальна (ВБ), 2 – подвійна опорна (ПОБ).

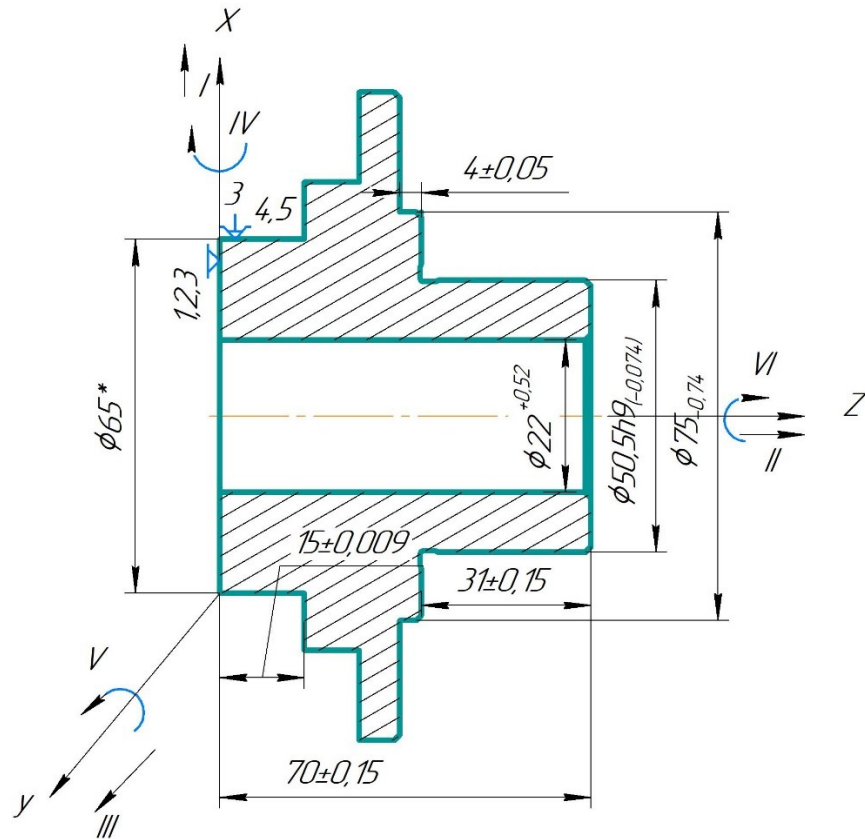


Рисунок 6.2 – Схема базування заготовки по діаметру 65 мм і прилеглому торцю  $15_{-0,09}$  мм.

Таблиця 6.1 – Таблиця відповідності базування заготовки по діаметру 65 мм і прилеглому торцю  $15_{-0,09}$  мм

Зв'язки	Ступені вільності	Назва бази
1,2,3	III,IV,V	Встановлювальна
4,5	I,II	Подвійна опорна



Таблиця 6.2 – Матриця звязків базування заготовки по діаметру 65 мм і прилеглому торцю  $15_{-0,09}$  мм

X,Y,Z/l,a	X	Y	Z	Назви баз
l	0	0	1	Встановлювальна
a	1	1	0	
l	1	1	0	Подвійна опорна
a	0	0	0	
$\Sigma$	2	2	1	5 ступенів

Розглянемо спосіб базування по діаметру 22 мм та лівому торцю. Даний спосіб можливо реалізувати із застосуванням оправки з перехідною посадкою. Схема базування зображена на рисунку 6.3.

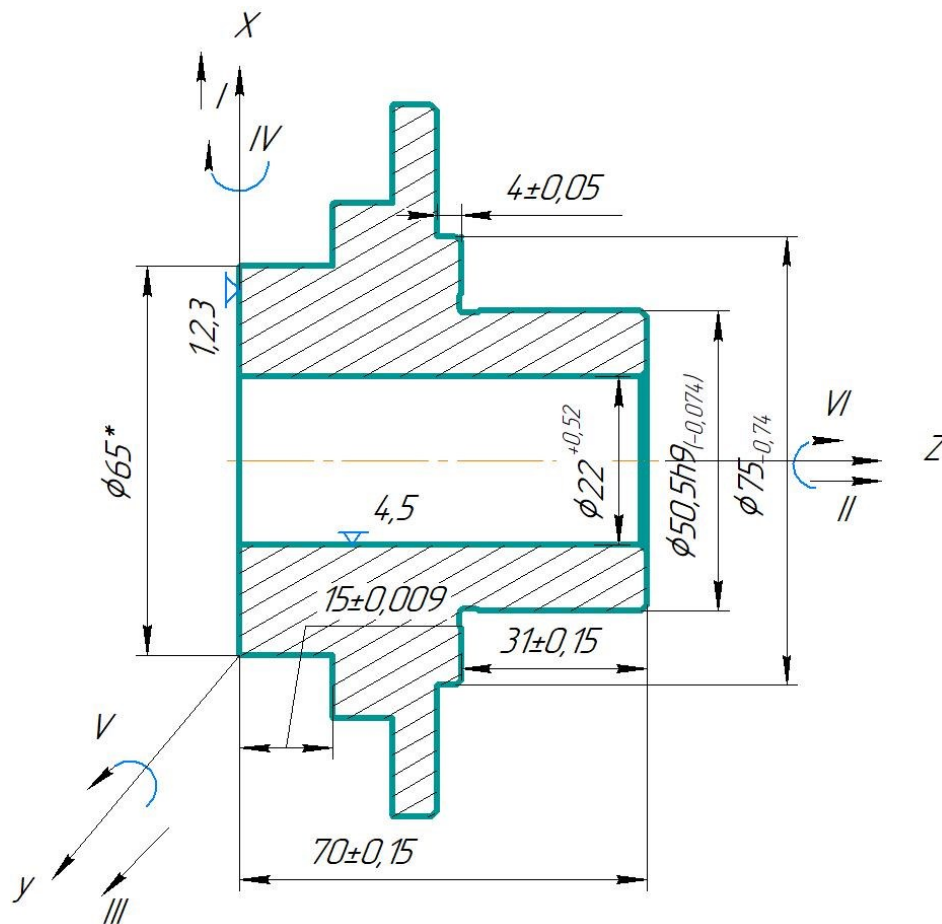


Рисунок 6.3 – Схема базування заготовки по діаметру 22 мм і прилеглому торцю  $15_{-0,09}$  мм

Під час базування заготовки в даному випадку виникають такі ж бази як і в попередньому способі базування. Аналогічно матриці відповідності та звязків залишаються незмінними, як в попередньому випадку. Похибка базування складатиме величину допуску одного із розмірів, який був отриманий на попередній операції, це розмір  $31_{-0.15}$ . Але даний спосіб використовувати не зовсім вірно, тому що поверхня з діаметром 22 мм буде підлягати подальшій обробці, тобто вона остаточно не оброблена. Як відомо, базування із застосуванням оправок використовується по остаточно оброблених поверхнях, тому виходячи із двох випадків віддаємо перевагу способу базування за першою схемою.

Зважаючи на вище зазначене з двох схем обираємо перший варіант, рисунок 6.2

#### Операція 040.

На операції з одного установка виконують обробку отворів. Виходячи з конфігурації заготовки та попередньо оброблених поверхонь (виконана токарна чистова операція) можемо зробити висновок що базувати необхідно заготовку по центральному отвору на оправці (подвійна-направляюча база) та торцю (опорна база) буде найраціональніше

Розглянемо базування на шпонковій циліндричній оправці з упором по торцю, рисунок 6.4.

									Лист
									34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

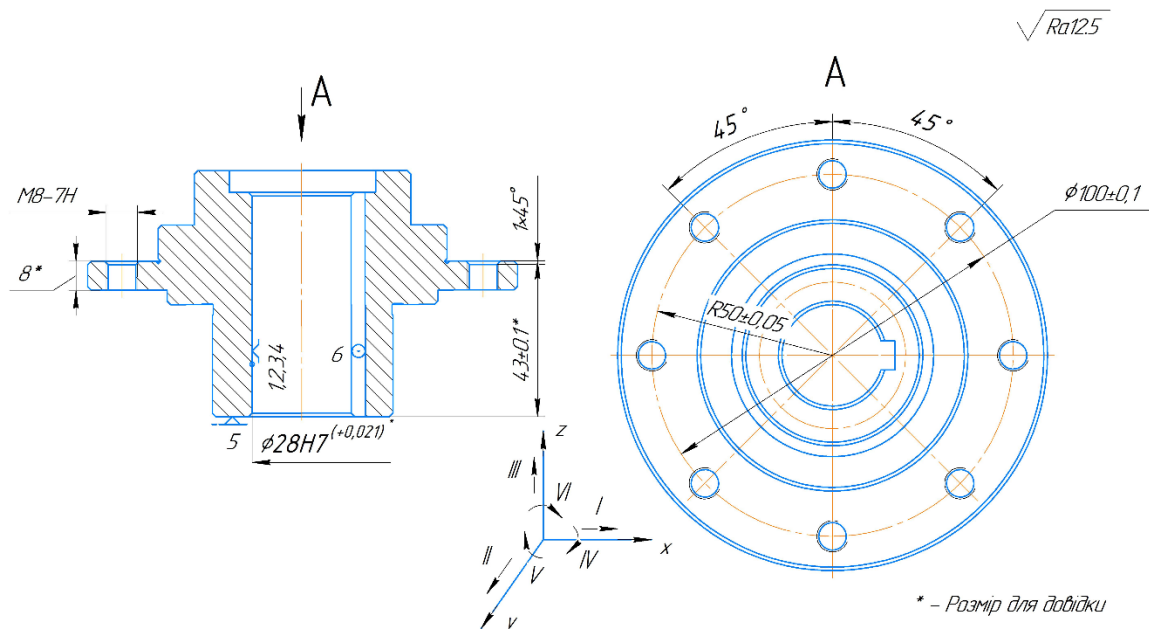


Рисунок 6.4 – Схема базування заготовки на операції 040

Варіант №1. Похибка базування для розташування отворів буде дорівнювати нулю так як цанговий патрон відцентрує заготовку. Похибка базування на глибину виконуваних отворів буде дорівнювати нулю так як вони виконуються на прохід. Похибка базування на діаметри виконуваних отворів також будуть дорівнювати нулю так як дані розміри отримуються осьовим інструментом, безпосередньо його діаметром.

Таблиця 6.3 – Таблиця відповідності

Зв'язки	Ступені вільності	Назви баз
1, 2, 3,4	I, V, IV,II	ПНБ
5	III	ОП
6	VI	ОП

Таблиця 6.4 – Матриця звязків

X,y,z/l,α	X	Y	Z	Назви баз
l	1	1	0	ПНБ
α	1	1	0	
l	0	0	1	ОП
α	0	0	0	
l	0	0	0	ОП
α	0	0	1	

Розглянемо базування заготовки на оправці з зазором з упором по торцю фланцю, рисунок 6.5.

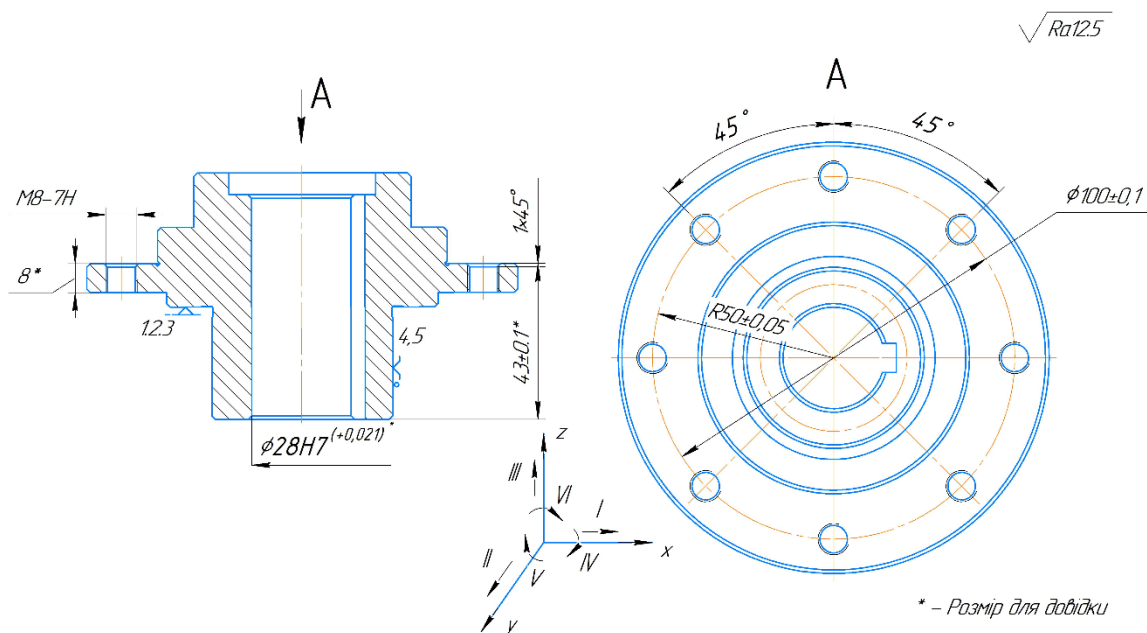


Рисунок 6.5 – Схема базування заготовки на операції 040. Варіант №2

З урахуванням того, що заготовка буде базуватися на оправці з зазором, то похибка базування для розташування отворів буде розраховуватись:

$$E_{noz} = T_A + T_B + S_{min}$$

де  $T_A = 0,021$  мм – допуск на діаметр отвору  $d28H8^{(+0,021)}$  мм;

$T_B = 0,04$  мм – допуск на діаметр оправки  $D28f6(-0,023;-0,043)$  мм;

$S_{min} = 0,043$  мм – подвійний мінімальний зазор посадки на оправку.

$E_{noz} = 0,021 + 0,04 + 0,043 = 0,104$  мм – обробка не можлива так як похибка базування менше допуску позиціювання,  $E_{noz} = 0,104 > T = 0,1$ . Похибки базування для інших розмірів будуть аналогічні з попередньою схемою.

Приймаємо першу схему базування на оправці з зазором, рисунок 6.4, так як дана схема більш конструктивно легша в реалізації, більш простіша.

									Лист
									36
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ТМ 18510230-00 ПЗ				

### 6.3 Обґрунтування вибору металорізального верстата

Для виконання операції 020 Токарна з ЧПК розглянемо 2 верстати, на яких можна реалізувати обробку деталі, враховуючи, що тип виробництва середньосерійний. Моделі верстатів наступні: 1 - 16A20Ф3С39; 2 – FCL-450 TMS. Операція 020 передбачає підрізання торців, зовнішнє точіння та точіння канавки. Технологічні можливості запропонованих вище верстатів дозволяють виконати ці переходи. Розглянемо технічні характеристики верстатів (таблиця 6.5) та остаточно затвердимо оптимальний варіант верстату.

Таблиця 6.5 – Технічні характеристики верстатів для токарної операції з ЧПК

Характеристики	Моделі верстатів	
	16A20Ф3С39	FCL - 450 TMS.
1	2	3
Діаметр оброблюваної заготовки, мм	400	600
Довжина оброблюваної заготовки, мм	1000	360
Частота обертання шпинделя, об/хв	12,5-2000	60-6000
Число швидкостей шпинделя	22	-
Найбільше пер-ня супорта, мм	900	310
поздовжнє	250	165
поперечне		
Число ступенів подач	Б/С	Б/С
Клас точності	П	П
Швидкість швидкого переміщення супорта, мм/хв.		
поздовжня	4800	7500
поперечна	2400	2400
Модель системи ЧПК	Електроніка НЦ-31	FANUC 21-ТВ
Кількість одночасно керованих координат	2	3
Кількість позицій інструментальної головки	8	12
Потужність електродвигуна головного привода, кВт	11	13

Операція 040.

Для обробки отворів розглянемо обладнання моделі 2M55, та обладнання з ЧПУ вертикально-свердильний верстат з ЧПК KSB 40 - CNC. Надамо перевагу обладнанню з ЧПК, так як дане обладнання може виконати обробку в автоматичному режимі з зміною ріжучого інструменту.

Таблиця 6.6 – Основні технічні характеристики верстатів на операції 040

Параметри	Значення	
	2M55	KSB 40-CNC
Клас точності по ГОСТ 8-77	H	B
Конус Морзе №	5	4
Найбільший діаметр обробки, мм	50	35
Частота обертання шпинделя, об/хв	20-2000	45-2000
Потужність електродвигуна головного руху, кВт	5,5	3,7
Число швидкостей шпинделя	21	12
Габарити верстата, мм		
Довжина	2665	1800
Ширина	1020	2170
Висота	3430	2700
Маса верстата, кг	4700	4700
Система ЧПК	-	CNC

6.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів

Верстатні пристрої становлять 50% від загального об'єму технологічної оснастки. За допомогою верстатних пристроїв можливо реалізувати наступні дії:

- а) розширити технологічні можливості використовуваного обладнання;
- б) стабільно забезпечувати високу якість оброблюваних деталей, коли кваліфікація робітника мінімально впливає на якість деталей;

в)забезпечувати жорсткість у процесі обробки;

г)надійно базувати та закріплювати деталь.

Зведемо до таблиці 6.7 ріжучий та вимірювальний інструмент, який використовується при механічній обробці на операції 020.

Таблиця 6.7 – Перелік ріжучого інструменту для операції 020 Токарна з ЧПК.

<i>Номер та зміст переходу</i>	<i>Ріжучий інструмент</i>	<i>Допоміжний інструмент</i>	<i>Вимірювальний інструмент</i>
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
<i>Підрізання торця в розмір 70.</i>	<i>PCLNR2525-P12 T5K10</i>	<i>-</i>	<i>Штангенциркуль ШЦ 125-01-2 ГОСТ 166-89</i>
<i>Точіння зовнішніх поверхонь: D50.5 та D75 в розмір 31 та 4</i>	<i>PCLNR2525-P12 T15K6</i>	<i>-</i>	<i>Штангенциркуль ШЦ 125-01-2 ГОСТ 166-89</i>
<i>Свердлити отвір d22</i>	<i>K4D22025F1-07</i>	<i>-</i>	<i>Штангенциркуль ШЦ 125-01-2 ГОСТ 166-89</i>
<i>Точити канавку згідно ескіза</i>	<i>Різець фасонний спеціальний ВК8</i>	<i>-</i>	<i>Шаблон спеціальний</i>

Операція 040

Для обробки отворів будемо використовувати:

- пристрій спеціальний, ТМ 18510230-07-00.00 СБ, даний пристрій дозволить реалізувати розглянуту вище схему базування;

- свердло 2301-3001 Р6М5 ГОСТ 10903-77 свердло спіральне d5 мм необхідне для центрування отворів;

- свердло 2301-0022 Р6М5 ГОСТ 10903-77 свердло спіральне d6.7 мм необхідне для виконання отворів під М8-7Н

- зенківка 2323-0526 Р6М5 ГОСТ 12489-71 зенківка d6/d25 мм, для отримання фасок піл кутом 45 градусів;

										Лист
										39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ТМ 18510230-00 ПЗ					



– мітчик 2620-3748 Р6М5 ГОСТ 3266-81, мітчик М8-7Н, необхідний для нарізання різі;

– пробка 8221-3046 7Н ГОСТ 17758-72, пробка для контролю різі М8-7Н.

### 6.5 Розрахунок режимів різання

Розрахунок режимів різання будемо проводити для операції 020 Токарна з ЧПК.

Вхідні дані: матеріал сталь 40Х, межа міцності 730МПа, матеріал ріжучої частини різця Т5К10, ЗОР – емульсія, заготовка - поковка штампування на ГKM.

На токарному центрі FCL-450 TMS проводиться точіння поверхонь зазначених на рисунку 6.6:

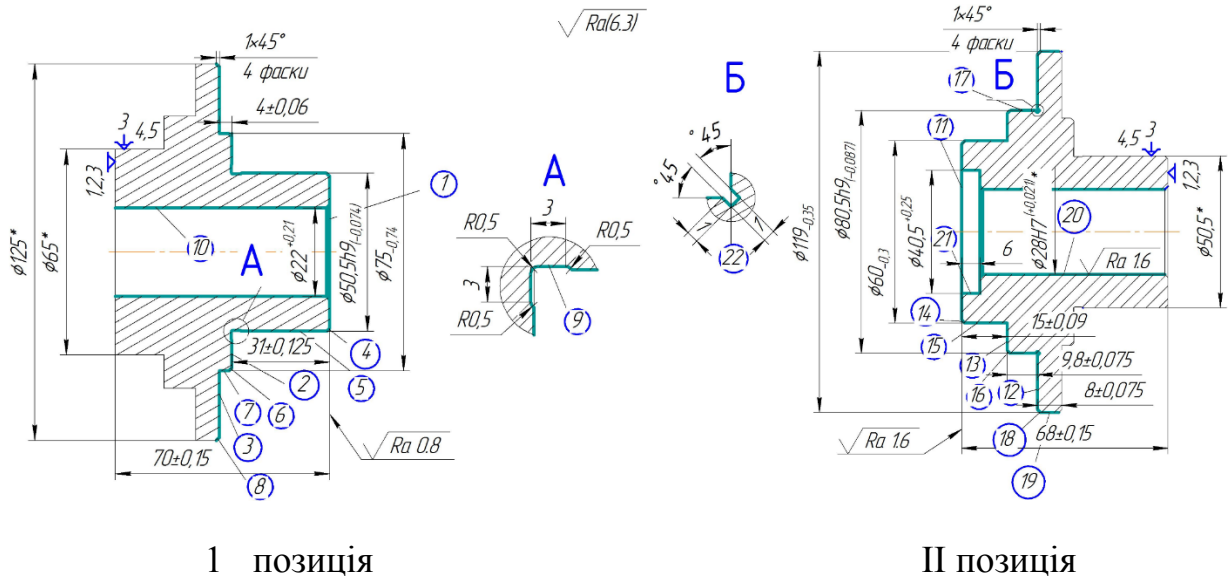


Рисунок 6.6 – Ескізи обробки на операції 020

Таблиця 6.7 – Стадії обробки та глибина різання по стадіям

<i>t</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Чор	3	2	2	1	1,75	1	2,5	1	3	11	2	2	2	1	2,5	1	2,5	1	3	–	3,125x2	1
Н/Ч	–	–	–	–	0,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,5	–	–	2,5	–	–
Чист	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,5	–	–



Вибір подач  $S_o$ , мм/об

Вибираємо подачу для чорнового точіння  $S_o$  (мм/об) поверхонь 1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12,13,14,15,16,17,18,19,22 з урахуванням поправочних коефіцієнтів.

Поверхні 9 та 22 обробляються різцями №8 та №9 відповідно, на режимах різання обраних для обробки поверхонь на чорновій стадії.

Для різця №1 та №3 при обробці поверхонь 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, на чорновій стадії обробки таблична подача, яка обирається в залежності від оброблюваного діаметру – до 130 мм, рівна  $S_{om} = 0,8$  мм/об [2, с. 117.].

Поправочні коефіцієнти на подачу в залежності від:

- а) перетину державки різця  $K_{sd} = 1,0$ ;
- б) властивостей оброблюваного матеріалу  $K_{sm} = 1,0$ ;
- в) стану поверхні заготовки  $K_{sn} = 1,0$ ;
- г) геометричних параметрів різця  $K_{sφ} = 1,0$ ;
- д) жорсткості верстата  $K_{sj} = 1,0$ ;
- е) міцність ріжучої частини  $K_{sh} = 0,75$ ;
- ж) схеми заготовки установки  $K_{sy} = 1,2$ ;
- з) інструментального матеріалу  $K_{si} = 1,15$ ;
- и) методу кріплення пластини  $K_{sp} = 1,0$ ;

Прийнята подача буде рівна:

$$S_o = S_{om} * K \quad (6.3)$$

де  $K$  – це добуток усіх поправочних коефіцієнтів подачі даної стадії обробки:

$$K = K_{sd} * K_{sm} * K_{sn} * K_{sφ} * K_{sj} * K_{sh} * K_{sy} * K_{si} * K_{sp} \quad (6.4)$$

При цьому  $K = 1,035$ , тоді подача для чорнової стадії обробки по формулі (6.3) буде рівна: для поверхні 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 22.

$$S_o = 0,8 * 1,035 = 0,82 \text{ мм/об.}$$

Вибираємо подачу для напівчистового точіння  $S_o$  (мм/об) поверхонь 5,17 з урахуванням поправочних коефіцієнтів.

										Лист
										41
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Для різця №2 та №4 при обробці поверхонь 5,17 на напівчистовій стадії обробки таблична подача, яка обирається в залежності від оброблюваного діаметру – до 100 мм, рівна  $S_{om} = 0,3$  мм/об;

Поправочні коефіцієнти на подачу в залежності від:

- а) перетину державки різця  $K_{sd} = 1,0$ ;
- б) властивостей оброблюваного матеріалу  $K_{sm} = 1,0$ ;
- в) стану поверхні заготовки  $K_{sn} = 1,0$ ;
- г) геометричних параметрів різця  $K_{s\varphi} = 1,0$ ;
- д) жорсткості верстата  $K_{sj} = 1,0$ ;
- е) міцність ріжучої частини  $K_{sh} = 0,85$ ;
- ж) схеми заготовки установки  $K_{sy} = 1,2$ ;
- з) інструментального матеріалу  $K_{si} = 1,15$ ;
- и) методу кріплення пластини  $K_{sp} = 1,0$ ;

При цьому  $K = 1,17$ , тоді подача для напівчистої стадії обробки по формулі (6.4) буде рівна: для поверхні 5, 17:

$$S_o = 0,3 * 1,17 = 0,35 \text{ мм/об.}$$

Аналогічно проводиться розрахунок подачі для інших переходів та зводиться в таблицю 6.8.

Вибір швидкості різання  $V_p$ , м/хв

Вибираємо швидкість різання  $V_p$ , (м/хв) для чорнового точіння з урахуванням поправочних коефіцієнтів

Для різця №1 та №4 при обробці поверхонь 1,2,3,4,5,6,7, 8,11,12,13,14,15,16,17,18,19, таблична швидкість різання рівна  $V_m = 140$  м/хв

Поправочні коефіцієнти на швидкість різання в залежності від:

- а) групи оброблюваного матеріалу  $K_{vc} = 1,0$
- б) виду обробки  $K_{vo} = 1,0$
- в) жорсткості верстату  $K_{vj} = 1,0$
- г) механічних властивостей матеріалу  $K_{vm} = 1,0$
- д) геометричних параметрів різця  $K_{v\varphi} = 1,0$
- е) періоду стійкості ріжучої частини різця  $K_{vm} = 1,0$

										Лист
										42
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ж) наявності охолодження  $K_{vжс} = 1,0$

з) інструментального матеріалу  $K_{vi} = 0,85$

Розрахункова швидкість різання буде рівна:

$$V_p = V_m * K \quad (6.5)$$

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

$$K = K_{vc} * K_{vo} * K_{vj} * K_{vm} * K_{vφ} * K_{vt} * K_{vжс} * K_{vi} \quad (6.6)$$

При цьому  $K=0,85$ , тоді розрахункова швидкість різання по формулі (6.5) буде рівна: для поверхонь: 1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12,13,14,15,16,17,18,19,22

$$V_p = 140 * 0,85 = 119 \text{ м/хв.}$$

Далі проводиться аналогічний розрахунок швидкості різання для інших переходів і зводиться в таблицю 6.8.

Визначаємо розрахункові частоти обертання шпинделя  $n_p$  на всі стадії обробки для кожної поверхні по формулі:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_p}{n \cdot n}, \text{ об/хв} \quad (6.7)$$

Для чорнового точіння поверхонь 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 22:

$$n_p = (1000 * 119) / (3,14 * 119) = 318,3 \text{ об/хв}$$

Аналогічний розрахунок розрахункові частоти обертання шпинделя для інших переходів зводиться в таблицю 6.8.

Розрахункові частоти обертання шпинделя корегуємо по паспорту верстату і приймаю фактичні частоти обертання шпинделя  $n_{\phi}$ . Так як верстат FCL-450 TMS має безступінчасту коробку частот обертання шпинделя, тому розрахункові частоти обертання шпинделя просто округлюємо до цілих значень з найменшою похибкою для зручності складання керуючої програми:

										Лист
										43
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Для чорнового точіння поверхні 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 22  $n_{\phi} = 318$  об/хв

Аналогічно коригуємо частоти обертання шпинделя для інших переходів зводимо в таблицю 6.8.

Визначаємо фактичні швидкості різання  $V_{\phi}$  по формулі [2, с. 70.]:

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\phi}}{1000}, \text{ м/хв} \quad (6.8)$$

Чорнове точіння поверхні 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 22:  $V_{\phi} = (3,14 \cdot 119 \cdot 318) / 1000 = 118,88$  м/хв

Аналогічно розраховуємо фактичну швидкість різання для інших переходів, зводимо в таблицю 6.8.

Перевіряємо вибрані режими різання по потужності приводу головного руху для чорнових і напівчистої стадії обробки, для цього повинна виконуватися умова:

$$N_{\phi_{max}} \leq N_{\epsilon} \quad (6.9)$$

де  $N_{\phi_{max}}$  – максимальна фактична потужність різання на стадіях,

$N_{\epsilon}$  – максимальна потужність різання верстату

Табличні значення потужності різання

Чорнове точіння поверхонь 1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12,13,14,15,16,17,18,19,22:  
 $N_m = 11,0$  кВт

Корегуємо табличні значення потужності різання за допомогою поправочного коефіцієнту в залежності від механічних властивостей оброблюваного матеріалу  $K_{NM} = 0,6$ . (однаковий для всіх стадій обробки).

Виходячи з цього бачимо, що розрахункова потужність відповідних стадій дорівнюватиме:

$$N_{\phi} = N_m \cdot K_{nm} \cdot V_{\phi} / V_m \quad (6.10)$$

З розрахунку фактичних потужностей різання, максимальною є потужність різання при чорновому точінні поверхонь 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 22.

$N_{\phi} = 11,0 \cdot 0,6 \cdot 118,88 / 140 = 5,6$  кВт. Перевіряємо умову (6.9),

									Лист
									44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

$N_e = 20$  кВт: 5,6 30 – умова виконується, отже обробка можлива при вибраних режимах різання

Визначаємо хвилинну подачу  $S_x$  (мм/хв) по стадіям користуючись формулою:

$$S_x = S_o * n_f \text{ (мм/об)} \quad (6.11)$$

де  $S_o$  – подача на оберт, мм/об.

$n_f$  – фактична частота обертання шпинделя, об/хв

Чорнове точіння поверхні 1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12,13,14,15,16,17,18,19,22:

$$S_x = 0,82 * 318 = 260,76 \text{ мм/хв}$$

Таблиця 6.8 – Режими різання для операції 020

Елементи режимів різання	Стадія обробки				
	Точіння		Свердління	Разточування	
	Чорнове	Н/Ч	Н/Ч	Чистове	
	Номери поверхонь				
	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12,13,14,15,16,17,18,19,22	5,17	10	20,21	20
Таблична подача $S_o$ , мм/об	0,8	0,3	0,6	0,45	0,33
Прийнята подача $S_o$ , мм/об	0,82	0,35	0,6	0,43	0,30
Таблична швидкість різання $V_t$ , м/хв	140	210	15	185	320
Розрахункова швидкість різання $V_d$ , м/хв	119	178,5	19,5	157,25	304
Розрахункова частота обертання шпинделя пр. об/хв	318,3	710,22	282,1	1853,56	3455,93
Фактична частота обертання шпинделя пф. об/хв	318	710	282	1854	3456
Фактична швидкість різання $V_f$ , м/хв	118,88	178,35	19,45	157,26	304
Таблична потужність різання $N_t$ , кВт	11	9	6	8,2	-
Фактична потужність різання $N_f$ , кВт	5,6	4,6	4,4	4,18	-
Хвилинна подача $S_x$ , мм/хв	260,76	248,5	169,2	797,22	1036,8

Обираємо режими різання для поверхонь, які підлягають свердлільній обробці на операції 040.

Обираємо табличні подачі  $S_{om}$ , швидкість  $V_m$ , потужність  $N_m$ , і осьові сили різання  $P_m$ . Значення обраних режимів вношу до таблиці 6.9

Таблиця 6.9 – Табличне значення режимів різання

Маршрут обробки	Режими різання			
	$S_{om}$ , мм/об	$V_m$ , м/хв	$N_m$ , кВт	$P_m$ , Н
<i>М8-7Н</i>				
Центрування $\phi 5$	0,15	26,5	0,4	1156
Свердлування $\phi 6, 7$	0,39	19,4	1,64	2324
Зенкування $\phi 18$	0,09	15	0,57	220
Різьба М8	125	9,5	0,24	14

Коректуємо обрані режими різання

Подачу коректуємо по формулі (6.3), де  $K_{sm}$  – поправочний коефіцієнт на подачу в залежності від механічних властивостей оброблюваного матеріалу  $K_{sm} = 1,3$  [7 К143, К3].

Скоректована подача рівна при centruванні  $S_o = 0,15 \cdot 1,3 = 0,19$  мм/об.

Для інших переходів розрахунки виконуються аналогічно.

Розрахунки зведено в табліці 6.9.

Швидкість різання коректуємо по формулі (6.5)

Поправочні коефіцієнти з формули (6.6):  $K_{vm} = 1,3$ ;  $K_{vz} = 1,0$ ;  $K_{vж} = 1,0$ ;

$K_{vw} = 1,0$ ;  $T_f/T_n = 1,0$ ;  $K_{vl} = 1,0$ ;  $K_{vi} = 1,0$ ;  $K_{vj} = 0,9$ .

Тоді зкоректована швидкість рівна при centruванні:

$$V = 26,5 \cdot 1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 34,45 \text{ м/хв}$$

Для інших переходів розрахунки виконуються аналогічно, розрахунки зведено в таблицю 6.9

Осьову силу корегуємо по формулі

$$P = P_m / K_{pm} \quad (6.12)$$

При зенкуванні:

$$P = P_m \cdot K_{pi} / K_{pm} \quad (6.13)$$

Поправочні коефіцієнти на осьову силу в залежності від: 1. Механічних властивостей матеріалу  $K_{pm} = 1,3$ , послідовності переходу  $K_{pi} = 2,0$ .

Скоректована осьова сила при centruванні  $P = 1156 / 1,3 = 889,2 \text{ Н}$

Для інших переходів розрахунки виконуються аналогічно, розрахунки зведено в таблиці 6.9

Потужність коректуємо за формулою

$$N = N_m / K_{Nm} \quad (6.14)$$

При зенкуванні:

$$N = N_m \cdot K_{vj} / K_{Nm} \quad (6.15)$$

Поправочні коефіцієнти на осьову силу в залежності від: механічних властивостей матеріалу  $K_{Nm} = 1,3$ ; послідовності переходу:  $K_{Ni} = 1,6$

Скоректовано потужність рівна:

При centruванні  $N = 0,4 / 1,3 = 0,3 \text{ кВт}$

Для інших переходів розрахунки виконуються аналогічно.

Розрахунки зведено в таблиці 6.9 Знаходимо величини частот обертання шпинделя  $n_m$  для розрахункових значень швидкості різання для кожного переходу за формулою (6.7).

При centruванні  $n_m = 1000 \cdot 34,45 / 3,14 \cdot 5 = 2742,03 \text{ об/хв}$

Для інших переходів розрахунки виконуються аналогічно. Розрахунки зведено в таблиці 6.9

					ТМ 18510230-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

Таблиця 6.9 – Розрахункові значення режимів різання

Маршрут обробки	Режими різання				
	$S_{ор}$ , мм/об	$V_D$ , м /хв	$N_p$ , кВт	$P_p$ , Н	$\Pi_m$ , об/хв
<i>МВ-7Н</i>					
Центрування $\phi 5$	0,19	34,45	0,3	889,2	2742,03
Свердлування $\phi 6,7$	0,5	25,22	1,3	1787,7	1198,8
Зенкування $\phi 18$	0,12	17,55	0,7	270,8	310,5
Різьба МВ	1,25	12,35	0,18	10,8	491,64

Розрахункові частоти обертання шпинделя корегуємо по паспорту верстату і приймаю фактичні частоти обертання шпинделя  $n_{\phi}$ .

Так як верстат : KSB 50 CNC має безступінчасту коробку частот обертання шпинделя, тому розрахункові частоти обертання шпинделя просто округлюємо до цілих значень з найменшою похибкою для зручності складання керуючої програми:

Розрахунок хвилинної подачі виконується по формулі (6.10)

При центруванні  $\phi 5$   $S_x = 0,19 \cdot 2194,3 = 416,9$  мм/хв

При свердлуванні  $\phi 6,7$   $S_x = 0,5 \cdot 1198,8 = 599,4$  мм/хв

При зенкуванні  $\phi 18$   $S_x = 0,12 \cdot 310,5 = 37,26$  мм/хв

При різьбонарізанні  $S_x = 1,25 \cdot 461,64 = 577$  мм/хв

Розрахунок фактичної швидкості різання виконується за формулою (6.11)

При центруванні  $V_{\phi} = 3,14 \cdot 5 \cdot 2194 / 1000 = 34,45$  м/хв

Для інших переходів розрахунки виконуються аналогічно. Розрахунки зведено в таблиці 6.10

Перевіряємо обрані режими по потужності привода головного руху при допустимій силі подачі.

Для цього необхідно визначити по паспортним даним верстату

$N_{\phi} = 3,0$  – потужність двигуна, кВт

$D = 0,81$  – коефіцієнт корисної дії

$P = 16000$  – допустима сила подачі, Н



При цьому повинна виконуватися умов

$$N \leq N_d \cdot D \quad (6.16)$$

Найбільше значення  $N$  - при свердлінні отвору  $\varnothing 6,7$ , при цьому

$N = 1,3$  кВт, тоді виходячи з умови (6.16):

$$1,3 \leq 3,0 \cdot 0,81, \text{ т. е. } 1,3 \leq 2,43$$

Найбільша сила – при свердлінні отвору  $\varnothing 6,7$  – 1787,7 Н, при цьому вона не перевищує допустиму, що дозволяє обробку при заданих режимах.

Таблиця 6.10 – Фактичні режими різання

Маршрут обробки	Режими різання		
	$S_x$ , мм/хв	$V_f$ , м/хв	$n$ , об/хв
<i>M8-H7</i>			
Центрування $\varnothing 5$	416,9	34,45	2194
Свердлування $\varnothing 6,7$	599,4	26,3	1199
Зенкування $\varnothing 18$	37,26	17,6	310
Різьба M8	577	12,4	492

## 6.6 Технічне нормування операції

Нормування токарної з ЧПК операції №020

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

Визначаємо норми штучного часу  $T_{шт}$  [8, с. 47-49.]:

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

$$T_{шт} = (T_{ца} + T_e \cdot K_{te}) (1 + (a_{mex} + a_{opz} + a_{oml}) / 100)$$

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

$T_в$  – допоміжний час.

Так як після обробки деталь не контролюється на цій операції, а знімається деталь після відпрацювання, то в допоміжний час буде входити лише час на встановлення, перевстановлення та та закріплення заготовки

$$T_{ца} = T_o + T_{мв} \quad (6.17)$$

де  $T_o$  – норма часу

$$T_o = n \cdot (L_{рх} / S_{мрх}) \quad (6.18)$$

де  $n$  – кількість проходів

$L_{рх}$  – довжина робочого ходу інструменту

$T_{мв}$  – норма машино-допоміжного часу [8, с. 39].

$$T_{мв} = T_{мви} + T_{мвхх} \quad (6.19)$$

де  $T_{мви}$  – норма машинно-допоміжного часу, пов'язана з автоматичною зміною інструменту (визначається за паспортом верстату): час фіксації і розфіксації револьверної головки  $T_{иф} = 2$  с. [7] с. 64.; час повороту револьверної головки на одну позицію  $T_{ип} = 2$  с [7] с. 60

Тобто для різця №1  $T_{мви}$  буде дорівнювати:  $T_{мви} = (2 \cdot 2 + 2) / 60 = 0,1$  хв.

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

$$T_{мвхх} = L_{хх} / S_{мхх} \quad (6.20)$$

де  $L_{хх}$  – довжина робочого ходу,

$S_{мхх}$  – хвилинна подача холостого ходу

Для визначення часу циклу автоматичної роботи верстату по заданій програмі користуюсь побудованими траєкторіям руху різців операції №020 Час автоматичної роботи на кожній ділянці траєкторії, а також час зміни РІ заносу в таблицю 6.11

					ТМ 18510230-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

Таблиця 6.11 – Час автоматичної роботи на кожній ділянці траєкторії

Ділянка траєкторії	$\Delta X$ , мм	$\Delta Z$ , мм	$L_i$ , мм	$S_x$ , мм/хв	$T_q$ , хв	$T_{мд}$ , хв.
<i>РІ№1</i>						
0-1	138	100	103,10	15000	-	0,007
1-2	40	0	40	260,76	0,15	-
2-3	0	2	2	15000	-	0,0001
3-4	32	0	32	15000	-	0,002
4-5	6	3,1	1	260,76	0,004	-
5-6	0	139	13,9	260,76	0,053	-
6-7	38	2	1	15000	-	0,00007
7-8	10	0	10	15000	-	0,0002
8-9	6	3	1	260,76	0,004	-
9-10	0	9	9	260,76	0,034	-
10-11	4	2	1	15000	-	0,00007
11-12	26	0	21	15000	-	0,0017
Ділянка траєкторії	$\Delta X$ , мм	$\Delta Z$ , мм	$L_i$ , мм	$S_m$ , мм/хв	$T_q$ , хв	$T_{мд}$ , хв.
12-13	6	3	3	260,76	0,011	-
13-14	0	9	9	260,76	0,035	-
14-15	1	0	1	15000	-	0,00007
15-16	0	10	10	15000	-	0,0007
16-17	40	0	40	260,76	0,15	-
18-19	0	8	8	15000	-	0,0005
19-20	23,8	0	23,8	260,76	0,09	-
21-0	196,2	87	214	15000	-	0,015
<i>РІ№2</i>						
0-1	119,5	114	165,16	15000	-	0,011
1-2	0	11	11	248,5	0,04	-
2-3	3,5	2	1	15000	-	0,00007
3-0	116	123	169	15000	-	0,0007
<i>РІ№3</i>						
0-1	0	97	97	15000	-	0,007
1-2	0	77	77	169,2	0,45	-
2-3	0	77	77	15000	-	0,005
3-0	0	97	97	15000	-	0,0065

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ТМ 18510230-00 ПЗ

Лист

51

Продовження таблиці 6.11

<i>РІН№4</i>						0
0-1	139,5	98	170,5	15000	-	0,011
1-2	0	1х6	6	797,22	0,27	-
2-3	12,7	0	12,7	15000	-	0,0008
3-4	0	64	64	797,22	0,08	-
4-5	1	-	1	15000	-	0,00007
5-6	60,4	0	60,4	15000	-	0,004
6-7	3,2	16	1	797,22	0,001	-
7-8	10,5	0	10,5	797,22	0,013	-
8-9	0	8	8	797,22	0,01	-
9-0	139,5	98	170,5	15000	-	0,011
<i>РІН№5</i>						
0-1	171,99	98	197,47	15000	-	0,013
1-2	0	70	70	1036,8	0,067	-
2-3	173,5	96	197,5	15000	-	0,013

<i>Ділянка траєкторії</i>	$\Delta X$ , мм	$\Delta Z$ , мм	$L_i$ , мм	$S_M$ , мм/хв	$T_a$ , хв	$T_{мд}$ , хв.
<i>РІН№6</i>						
0-1	116	122	168,3	15000	-	0,002
1-2	4,4	3	5,3	80	0,07	-
2-3	4,4	3	5,3	80	0,07	-
					$\Sigma 16$	$\Sigma 0,13$

Після розрахунків часу автоматичної роботи на кожній ділянці траєкторії окремо бачимо, що формула (24) набуває іншого вигляду:

$$T_{ца} = \sum T_o + \sum T_{мд}$$

$$\sum T_o = 1,6 \text{ хв.}, \sum T_{мд} = 0,13 \text{ хв.}$$

$$\text{По формулі (24)} \quad T_{ца} = 1,6 + 0,13 = 1,73 \text{ хв.}$$

$T_d$  – норма допоміжного часу - це час на дії, які мають можливість виконувати основну роботу.

$$T_d = T_{дуст} + T_{дон} + T_{дизм} \quad (6.21)$$

де  $T_{дуст}$  – норма допоміжного часу на установку та зняття заготовки [8, Карта 3, ст.54]

$T_{дон}$  – норма допоміжного часу, пов'язана з виконанням технологічної операції [7, Карта 14, ст.79]

$T_{двим}$  – норма допоміжного часу на виконання контрольних вимірювань [7, Карта 15, ст.80]

$$T_{дуст}=0,37+0,37=0,74 \text{ хв.}$$

$$T_{дон}=0,32+0,15+0,03=0,5 \text{ хв.}$$

$$T_{двим}=2,48 \text{ хв.}$$

$$T_{\epsilon}=0,74+0,5+2,48=3,72 \text{ хв.}$$

$$T_{он}=1,88+3,72=5,6 \text{ хв}$$

$a_{тех} + a_{орг} + a_{отл}$  – норма часу на організаційно-технічне обслуговування, відпочинок та особисті потреби [8] с. 55. - 7%

$$a_{тех} + a_{орг} + a_{отл} = 0,07 * 3,72 = 0,26 \text{ хв}$$

$K_{тв} = 0,76$  – коефіцієнт на виконання ручної допоміжної роботи залежно від об'єму партії.

Визначаю норми штучного часу за формулою:

$$T_{шт} = (1,73 + 3,72 * 0,76) (1 + 0,26/100) = 4,35 \text{ хв}$$

Визначаю норму штучно-калькуляційного часу  $T_{шк}$  за формулою [8] с. 5.:

$$T_{шк} = T_{шт} + T_{нз/н} \quad (6.22)$$

$$\Pi = (T_{зм} - T_{нз}) / T_{он} \quad (6.23)$$

$T_{нз}$  – 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, пристрою, здача готової продукції). Визначаю норми штучного часу за формулою:

					ТМ 18510230-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

$$T_{nz} = 9 + 2 + 2 + 6.8 + 5.5 + 1 + 2 + 0.1 + 2.5 = 30.2 \text{ хв}$$

$$n = (8 \cdot 60 - 30.2) / 5.6 = 80.32 \text{ шт}$$

$$T_{шк} = 4.35 + 30.2 / 80.32 = 4.73 \text{ хв}$$

Нормування свердлильної з ЧПК операції №040

Для інструменту 1 довжина робочого ходу на робочій подачі складає

$$l = 40 \text{ мм}$$

Тоді,

$$T_o = \frac{l}{S_{хв}} = 40 / 416,9 = 0,096 \text{ (хв)}$$

Для інструменту 2 довжина робочого ходу на робочій подачі складає  $l = 88 \text{ мм}$

$$T_o = \frac{l}{S_{хв}} = 88 / 599,4 = 0,15 \text{ (хв)}$$

Для інструменту 3 довжина робочого ходу на робочій подачі складає  $l = 16 \text{ мм}$

$$T_o = \frac{l}{S_{хв}} = 16 / 12,4 = 1,3 \text{ (хв)}$$

Для інструменту 4 довжина робочого ходу на робочій подачі складає  $l = 80 \text{ мм}$

$$T_o = \frac{l}{S_{хв}} = 80 / 577 = 0,14 \text{ (хв)}$$

$$\Sigma T_o = 1,7 \text{ (хв)}$$

Довжина робочого ходу на прискореній подачі складає  $l = 2750 \text{ мм}$

$$T_{mv} = \frac{l}{S_{хв}} + T_{mvi} = (2750 / 1600) + 1,0 = 2,72 \text{ (хв)}$$

$$T_{ца} = T_o + T_{mv} \quad (6.24)$$

					ТМ 18510230-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

По формулі  $T_{ца}=1,7+2,72=4,42$  хв.

$T_{\delta}$  - норма допоміжного часу - це час на дії, які мають можливість виконувати основну роботу.

$$T_{\delta} = T_{дуст} + T_{дон} + T_{дизм} \quad (6.25)$$

де  $T_{дуст}$  - норма допоміжного часу на установку

$T_{дон}$  - норма, пов'язана з виконанням технологічної операції

$T_{двим}$  - норма на виконання контрольних вимірювань

$$T_{дуст} = 0,20 + 0,12 + 0,03 = 0,35 \text{ хв.}$$

$$T_{дон} = 0,32 + 0,15 + 0,03 = 0,5 \text{ хв.}$$

$$T_{двим} = 2,08 \text{ хв. } T_{\epsilon} = 0,35 + 0,5 + 2,08 = 2,93 \text{ хв.}$$

$$T_{он} = 4,42 + 2,93 = 7,35 \text{ хв}$$

Визначаю норми штучного часу за формулою:

$$T_{шт} = (4,42 + 2,93 * 0,76)(1 + 0,26/100) = 6,67 \text{ хв}$$

$$T_{нз} = 9 + 2 + 2 + 5,5 + 1 + 2 + 0,1 + 2,5 = 23,2 \text{ хв}$$

Таблиця 6.12 – Режими різання та норми часу на операцію 040

Маршрут обробки	Режими різання						
	$S_x$ , мм/хв	$V_f$ , м /хв	$n_t$ , об/хв	$T_a$ , хв	$T_{\phi}$ , хв	$T_{шт}$ , хв	$T_{нз}$ , хв
Центрування $\phi 5$	416,9	34,45	2194	17	2,72	6,67	23,2
Свердлування $\phi 6,7$	599,4	26,3	1199				
Зенкування $\phi 18$	37,26	17,6	310				
Різьба М8	577	12,4	492				

Таблиця 6.13 – Режими різання та норми часу на операцію 020

Елементи режимів різання	Стадія обробки				
	Точіння		Свердління	Розточування	
	Чорнове	Н/Ч		Н/Ч	Чистове
	Номери поверхонь				
	12345678911121314151617181922	5,17	10	20,21	20
Таблична подача $S_{от}$ , мм/об	0,8	0,3	0,6	0,45	0,33
Прийнята подача $S_{п}$ , мм/об	0,82	0,35	0,6	0,43	0,30
Таблична швидкість різання $V_m$ , м/хв	140	210	15	185	320
Розрахункова швидкість різання $V_p$ , м/хв	119	178,5	19,5	157,25	304
Розрахункова частота обертання шпинделя $n_p$ , об/хв	318,3	710,22	282,1	1853,56	3455,93
Фактична частота обертання шпинделя $n_f$ , об/хв	318	710	282	1854	3456
Фактична швидкість різання $V_f$ , м/хв	118,88	178,35	19,45	157,26	304
Таблична потужність різання $N_m$ , кВт	11	9	6	8,2	-
Фактична потужність різання $N_f$ , кВт	5,6	4,6	4,4	4,18	-
Хвилинна подача $S_x$ , мм/хв	260,76	248,5	169,2	797,22	1036,8
Основний час $T_o$ , хв	1,6				
Допоміжний час $T_d$ , хв	0,13				
Штучний час $T_{шт}$ , хв	4,35				
Підготовчо-завершальний $T_{пз}$ , хв	30,2				

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ТМ 18510230-00 ПЗ

Лист

56



## 7 ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ УСТАНОВЛЕННЯ І ЗАКРІПЛЕННЯ ЗАГОТОВКИ

Відповідно до завдання необхідно спроектувати верстатний пристрій з механізованим приводом для установки та закріплення на операції 040 свердлильна з ЧПК обробка проводиться на верстаті моделі KSB 40 CNC (технічні характеристики наведено в таблиці 6.6).

Аналіз вихідних даних для проектування верстатного пристрою

а) точність розмірів

На операції 040 свердлильній з ЧПК формується 8 отворів  $\varnothing 6,7^{+0,15}$  мм під подальше нарізання різі М8-7Н, з дотриманням розміру  $\varnothing 100 \pm 0,1$  мм.

Точність циліндричних отворів  $\varnothing 6,7$  регламентується 12 квалітетом точності, допуск на розмір становить 150 мкм.

Метрична різь М8 повинна бути оброблена з точністю IT7, то відповідно до технічних вимог на виготовлення деталі допуск беремо за 7 квалітетом: М8 =14 мкм

б) точність розташування

Оскільки креслення не містить допуску позиціонування, то для рівня геометричної точності А не зазначений допуск позиціонування беремо орієнтовно у межах 30 % на розмір:

$$\varnothing 6,7 = 0,3 * 150 = 45 \text{ мкм.}$$

в) точність форми

Конструктором не відзначено точність форми отриманих поверхонь, тому назначаємо його відповідно з нормальною відносною геометричною точністю – А, згідно з ГОСТ 24643-81 (60%, або 30% для допуску циліндричності, круглості та профілю повздовжнього січення, від допуску на розмір).

Відповідно назначимо в відсотковій частині від допуску на розмір такі відхилення.

Допуск циліндричності або ж профілю повздовжнього січення, котрі складатимуть 30% від допуску для розміру:

					ТМ 18510230-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

-  $\phi 6,7$  мм,  $T=0,15 \cdot 0,3=45$  мкм приймаємо 50 мкм – 8 ступінь точності згідно з [1, с.81, табл. 3.14].

г) ступінь шорсткості

Шорсткість оброблених поверхонь визначена кресленням та має значення 3,2 мкм за критерієм Ra (табличне значення для метричної різьби M8x1,25), що відповідає 5-класу шорсткості

#### Аналіз схеми базування заготовки

На даній операції здійснюється свердлильна обробка 8 отворів під різьбу M8-7H. На роль технологічних баз перш за все претендує центральний отвір 28H7 та зовнішній торець заготовки 50, оскільки вони досить чисті та розвинені.

Передбачається установка заготовки по центральному отвору діаметром 28H7 на жорстку оправку з упором в нижній торець заготовки.

Так під час базування заготовки по центральному отвору реалізується подвійна направляюча база, яка позбавляє деталь 4-х ступенів волі (поступального переміщення та обертання по осях x та y).

Опорна база – нижній торець заготовки, позбавляє деталь 1-го ступеню волі (поступального переміщення уздовж осі z). Опорна база – шпонковий паз деталі, позбавляє деталь останнього ступеню волі – обертання навколо осі z, так деталь позбавляється 6-ти ступенів волі.

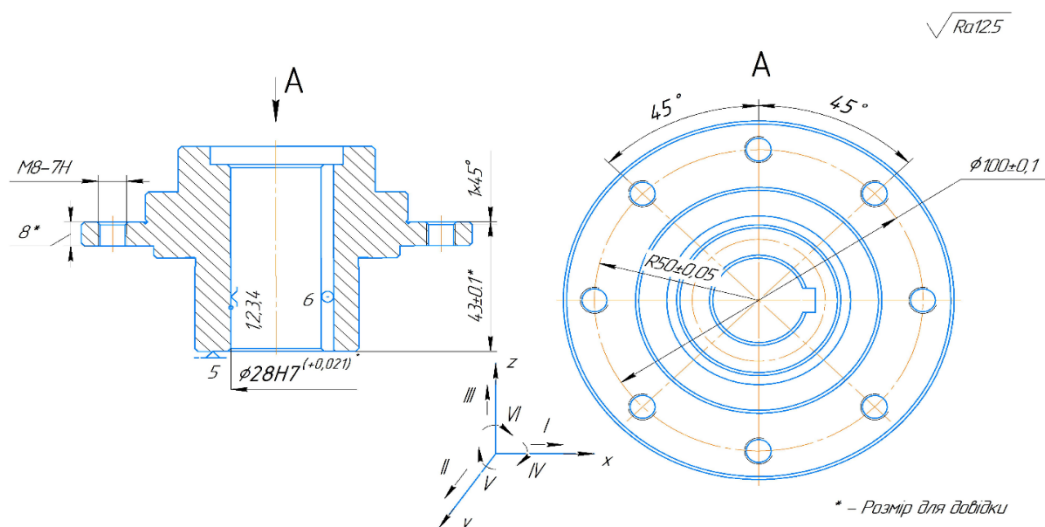


Рисунок 7.1 – Схема базування заготовки

									Лист
									58
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

Розглянемо можливість забезпечення точності операційних розмірів з точки зору наявності похибки базування заготовки.

Для розміру  $\varnothing 100 \pm 0,1$  мм похибка базування  $\varepsilon_6 = 0$  [7] с. 94, але у даному випадку точність буде залежати від точності позиціонування робочих органів верстата, що складає 0,02 мм, що значно менше ніж допуск на даний розмір.

Для розміру М8-7Н похибка базування  $\varepsilon_{M8} = 0$ , але у даному випадку точність розміру буде залежати від геометричних параметрів ріжучого інструменту, мітчика( ступінь його зношення, тощо).

Похибка базування на глибину отвору  $8^*$ , яка виражає глибину різі, можна не враховувати, тому що обробка отвору здійснюється на прохід.

Під час установки заготовки по отвору 28H7 на жорсткій циліндричній оправці 28g6 має місце посадка з зазором, яка визначає похибку базування заготовки у радіальному напрямку та розраховується за формулою:

$$\varepsilon_E = \delta_1 + \delta_2 + 2S_{min} \quad (7.1)$$

де  $\delta_1$  – допуск діаметра отвору

$$\varnothing 28H7(+0,021), \delta_1 = 0,021 \text{ мм};$$

$\delta_2$ - допуск зовнішнього діаметра елемента пристрою

$$\varnothing 28g6\left(\frac{-0,007}{-0,2}\right), \delta_2 = 0,013 \text{ мм};$$

$S_{min}$  – мінімальний зазор в посадці  $28\left(\frac{H7}{g6}\right)$ ,  $S_{min} = 0,007$  мм;

$$E_E = 0,021 + 0,013 + 2 * 0,007 = 0,048 \text{ мм.}$$

Для отримання необхідної точності оброблюваної деталі потрібно, щоб виконувалася умова:

$$E_E \leq \varepsilon_{доп} \quad (7.2)$$

де  $E_E$  - дійсна похибка базування, мм;

$\varepsilon_{доп}$  - допустима похибка базування, мм;

					ТМ 18510230-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

Допустима похибка  $\epsilon_{\text{доп}} = 0,05$  мм так, як допуск на розмір R50 дорівнює 0,05 мм, тоді умова (7.2) виконується ( $0,048 \text{ мм} \leq 0,05 \text{ мм}$ ), отже обробка наданій операції можлива і буде досягнута необхідна точність.

#### Розрахунок сил закріплення

Силіві розрахунки проводимо для свердлування отворів 6,7 мм (тому що саме під час обробки даних отворів спостерігаються найбільші значення сил різання) Сили закріплення розраховуються з розрахункової схеми, яку показано на рисунку 7.2

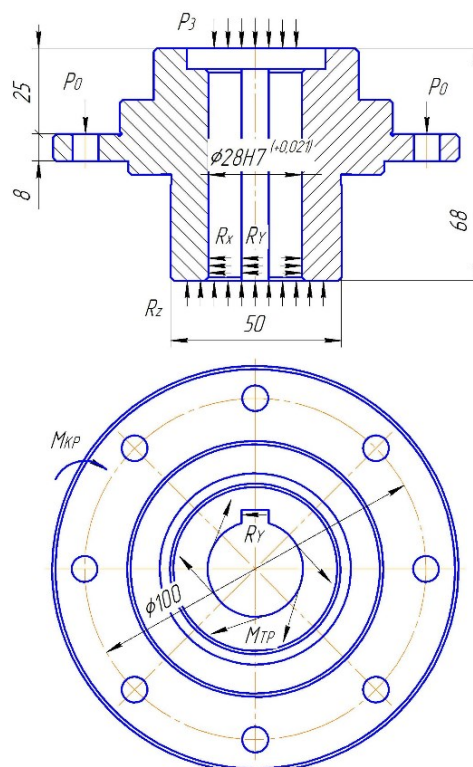


Рисунок 7.2 – Схема розподілення сил

Розберемо сили які діють на заготовку – це  $P_0$  та  $M_{кр}$ .

Свердло прижимає та намагається повернути заготовку. Силі різання  $P_0$  протидіє сила реакції опори  $R_z$ , також реакція опори має місце при протидії  $M_{кр}$  (через бокову поверхню шпонки).  $R_x$  та  $R_y$  протидіють  $M_{кр}$ , таким чином всі складові збурюючих сил врівноважені реакціями опор і не потребують додаткових сил закріплення згідно Рис. 7.2

В навчальних цілях виконаємо розрахунок сил закріплення , яка врівноважуватиме  $M_{KP}$ .

З умови не провороту заготовки [1 с.85] для циліндричної заготовки діаметром бази  $D$  встановленої в оправці та навантаженої крутним моментом сила закріплення  $P_3$  визначається за формулою:

$$P_3 = \frac{K * M_{KP}}{R * f} \quad (7.3)$$

де  $K$  – коефіцієнт запасу;

$M_{KP}$  – крутний момент , діючий на заготовку при свердлінні, 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 зажимними елементами пристрою  $f = 0,16$ .

Коефіцієнт запасу  $K$  вводять в формули при обчисленні сили  $P_3$  для забезпечення надійного закріплення заготовки, по [2] с.85:

$$K = K_0 * K_1 * K_2 * K_3 * K_4 * K_5 * K_6 \quad (35)$$

де  $K_0$  – коефіцієнт гарантованого запасу,  $K_0 = 1,5$ .

$K_1$  – коефіцієнт, враховуючий збільшення сил різання через випадкові нерівності на оброблюваних поверхнях, при чистовій обробці,  $K_1 = 1,0$ .

$K_2$  – коефіцієнт, що характеризує збільшення сил різання внаслідок затуплення різального інструменту, по [1] с.84, таблиця 9,  $K_2 = 1,15$ .

$K_3$  – коефіцієнт, враховуючий збільшення сил різання при приривистому різанні,  $K_3 = 1,0$ .

$K_4$  – коефіцієнт, що характеризує постійність сили закріплення, при використанні пневмокамери односторонньої дії(передбачається використання пневмоприводу),  $K_4 = 1,0$ .

$K_5$  – коефіцієнт, що характеризує ергономіку ручних затискних механізмів,  $K_5 = 1,0$ .(використання механізованого приводу).

$K_6$  – коефіцієнт враховують тільки за наявності моментів, що прагнуть повернути заготовку,  $K_6=1,5$ .

$$K = 1,5 * 1,0 * 1,15 * 1,0 * 1,0 * 1,0 * 1,5 = 2,6$$

Крутний момент, діючий на заготовку при свердлуванні, визначається за формулою:

$$M_{кр} = 10 * C_M * D_{св}^q * S^y * K_p \quad (7.4)$$

де  $C_M$  – коефіцієнт, по [7] с.281, таблиця 32:  $C_M = 0,0345$ ;

$q, y$  – показники ступеня, по [7] с.281, таблиця 32:  $q=2,0, y=0,8$ ;

$D$  – діаметр свердла,  $D = 6,7$ ;

$S$  – подача при свердлуванні,  $S = 0,39$  мм/об ;

$K$  – поправочний коефіцієнт, враховуючий фактичні умови обробки, вданому випадку залежить лише від якості оброблюваного матеріалу та визначається виразом  $K_p = K_{MP}$ .

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

де  $\sigma_B$  – тимчасовий опір,  $\sigma_B = 735$  МПа;

$n$  – показник ступеню, по [7 с.264], таблиця 9,  $n = 0,75$ .

$$K_{MP} = \left( \frac{735}{750} \right)^{0,75} = 0,98$$

Підставивши вибрані і розраховані значення в формулу (36), визначаємо крутний момент при свердлінні:

$$M_{кр} = 10 * 0,345 * 6,7^2 * 0,39^{0,8} * 0,98 = 4,15 \text{ Н*м}$$

Радіус точки прикладання сили визначається за формулою:

$$R = \frac{1}{3} \cdot \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} \quad (7.5)$$

де  $D$  – більший діаметр поверхні заготовки при закріпленні,  $D = 0,050$  м.

$d$  – менший діаметр поверхні заготовки при закріпленні,  $d = 0,028$  м.

					ТМ 18510230-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

$$R = \sqrt[3]{\frac{1 \cdot 0,050^3 - 0,028^3}{0,050^2 - 0,028^2}} = 0,023$$

$$P_3 = \frac{2,6 \cdot 4,15}{0,023 \cdot 0,16} = 2936 \text{ Н, необхідна сила затиску.}$$

Обґрунтування вибору механізованого приводу.

При даному способі кріплення обираємо пневмокамеру тому що, не потрібний довгий хід поршня. Між пневмокамерами одно- і дво- бічної дії обрано одnobічної дії тому що для розкріплення деталі не потребується значних зусиль.

Діаметр пневмокамери односторонньої дії, котрий забезпечує необхідну силу затиску заготовки розраховується за формулою формулу:

$$Q = \frac{\pi[(D+d)^2 - d_{um}^2] p \cdot \eta}{16}$$

де  $D$  - діаметр пневмокамери, мм

$d$  - діаметр тарілки ( $d = 0,07 \dots 0,8D$ ), мм

$d_{um}$  - діаметр штоку, приймаємо  $d_{um} = 18$  мм

$p$  - розрахунковий тиск,  $p = 0,4$  МПа

$\eta$  - коефіцієнт корисної дії,  $\eta = 0,85$

$Q$  - дорівнює  $P_3$

З цього слідує:

$$Q = \frac{\pi[(1,7D)^2 - d_{um}^2] p \cdot \eta}{16}$$

$$D = \frac{\sqrt{\frac{16Q}{\pi \cdot p \cdot \eta} + d_{um}^2}}{1,7}$$

$$D = \frac{\sqrt{\frac{16 \cdot 30298}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,85} + 15^2}}{1,7} = 123,67 \text{ мм}$$

						ТМ 18510230-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			63

Вибираємо ближче більше значення діаметру пневмокамери із стандартного ряду. Згідно [4] с.91  $D=125$  мм

Дійсна сила затиску заготовки на штоці пневмоциліндра:

$$Q = \frac{\pi[(125+0,07 \cdot 125)^2 - 18^2] \cdot 0,4 \cdot 0,85}{16} = 3172 \text{ Н}$$

Дана сила перевищує необхідну силу затиску заготовки, отже пристрій забезпечує фіксоване положення деталі при обробці.

Точнісні розрахунки пристрою

Розрахунок точності пристрою ґрунтується на твердженні про те, що будь-яке відхилення в положенні заготовки, пов'язане із пристроєм, як у момент установки, так і в період обробки, визначає сумарну похибку пристрою.

При цьому сума можливих похибок, що виникають при обробці заготовки, не повинна перевищувати значення допуску, що установлений на розмір заготовки і що витримується при виконанні даної операції. З інформаційної точки зору розрахунки допусків на виготовлення елементів пристрою являють собою перетворення інформації про точність обробки поверхонь заготовки на даній операції в точнісні вимоги до пристрою.

Розрахункову похибку пристрою визначаємо за формулою(7.6). Більшість складових, що входять у дану формулу, являють собою поля розсіювання випадкових величин, тому їх підсумовуємо у загальному випадку за правилом геометричного додавання.

$$\Sigma_{\text{пр}} = T - K_T \sqrt{(K_{T1} \cdot E_{\sigma})^2 + E_3^2 + E_y^2 + E_{3H}^2 + E_n^2 + (K_{T2} \cdot \omega)^2 + E_{\text{поз}}^2} \quad (7.6)$$

Розглянемо більш докладно складові, що входять у дану формулу.

$T = 100$  мкм – допуск який визначає точність позиції оброблюваних отворів в радіальному напрямку;

						ТМ 18510230-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			64



$K_T - 1,2$  – коефіцієнт що враховує можливий відступ окремих складових від нормального закону розподілу випадкових величин;

$K_{T1} - 0,80$  – коефіцієнт, що враховує деяке зменшення граничного значення похибки базування;

$\varepsilon_\delta = 48$  мкм – похибка базування,

$\varepsilon_z = 10$  мкм – похибка закріплення [3, табл. 3.3];

$\varepsilon_y = 20$  мкм - похибка установки пристрою на верстаті [4, с. 21];

$\varepsilon_{II} = 0$  - похибка перекосу інструмента (відсутні постійні або змінні напрямні втулки);

$\varepsilon_{zn} = 0$  – похибка зношування (див. п 3.2, при рівномірному зношуванні робочої поверхні оправки) [4]

$K_{T2} = 0,6$  – коефіцієнт що враховує можливість появи похибки обробки (див. п 3.2) [2]

$\omega = 20$  мкм – значення допуску позиціювання для 7 квалітету середньої економічної точності нарізання різі для розміру 8 мм (див. табл. 3.7) [4]

$\varepsilon_{noz} = 20$  мкм – похибка позиціювання

(відповідно до паспорта верстата).

Тоді розрахункове значення похибки пристрою буде дорівнювати:

$$E_{np} = 0,1-1,2 \sqrt{(0,80,048)^2 + 0,01^2 + 0,02^2 + 0^2 + 0^2 + (0,60,02)^2 + 0,02^2} = 0,03$$

З урахуванням стандартного ряду беремо допуск перпендикулярності [10, с. 106]  $T = 300$  мкм.

Вказуємо на складальному кресленні пристрою як технічну вимогу, що відхилення від перпендикулярності осі оправки відносно площини в заданому напрямку не більше 0,03 мм.

Опис пристрою та принцип його роботи

Пристрій в зборці повинно задовольняти технічним вимогам креслення загального виду та забезпечувати якісну обробку заготовки по заданим розмірам.

Збірка пристрою здійснюється в наступній послідовності [6, с.237]:

1) Закручуємо рим болт 15 до корпусу 1.

									Лист
									65
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

- 2) В корпус 1 встановлюємо шпонку 7 та закріплюємо гвинтом 11.
- 3) Встановлюємо ущільнювачі 5 в верхню частину пневмокамери 2 та болтами 14 прикріплюємо до корпусу 1.
- 4) Закручуємо оправку 4 в корпус 1 гвинтами 13.
- 5) Ставимо шток 8 через корпус 1 та з'єднуємо з мембраною 3 гайкою 9 підклавши шайбу 16.

Збірка пристрою.

Всі деталі і вузли пристрою піддати візуальному контролю, виявлені дефекти усунути. Пофарбувати пристрій, за винятком посадочних міст, емаль ПФ - 115.

Експлуатація пристрою:

1. Встановити заготовку на оправку 4.
2. На шток пристрою 8 встановити шайбу 6.
3. Поворотом рукоятки розподільного крана призвести закріплення заготовки.
4. Обробити заготовку.
5. Поворотом рукоятки розподільного крана у зворотний бік відкріпити заготовку.
6. Зняти шайбу 6 з штока пристрою 8 .
7. Підготувати базові поверхні пристрою до установки наступної заготовки.
8. У процесі експлуатації пристрою виконувати пункти технічних вимог.
9. Пристрій зберігати на дерев'яній основі. Вплив атмосферних опадів і агресивних середовищ неприпустимо.

З пневмомережі повітря під тиском подається в верхню частину пневмокамери переміщаючи поршень вертикально вниз , таким чином здійснюється затиск заготовки. Герметичність з'єднання забезпечують манжети-ущільнювачі.

										Лист
										66
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ТМ 18510230-00 ПЗ

Корпус служить також упором для переміщення штока вертикально вгору. Упором для переміщення штока вертикально вниз служить оброблювана деталь, що обмежує хід поршня, а при її відсутності – корпус пристрою. Для транспортування пристрою призначені рим-болти, які кріпляться в корпусі.

					ТМ 18510230-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67

## ВИСНОВКИ

Під час роботи над кваліфікаційною роботою були проаналізовані та надані дані по службовому призначенню машини, вузла та деталі. Розглянуто загальні характеристики і технічне призначення машини.

У ході роботи розглядалася деталь «Фланець 160.32.00.13». Виконано аналіз всіх її поверхонь, також розглянуто функції, які виконуються даними поверхнями. Проведено повний аналіз креслення та відповідно наданих вимог до деталі. При аналізі технічних вимог були надані відомості про властивості матеріалу, та проаналізовано вимоги, які були пропоновані конструктором при виготовленні деталі, та їх відповідність загальноприйнятим стандартам.

Був розрахований  $K_{30} = 20,25$ , тож відповідний йому тип виробництва – дрібносерійний. За прийняту заготовку, було обрано – поковку штамповану на КГШП, так як згідно аналізу та порівняння вона являє собою найбільш раціональний методом, яким можна отримати заготовку для аналізованої деталі враховуючи масу, форму та тип її виробництва.

В подальшому – були розроблені та проаналізовані схеми, на яких показано базування на операціях 020 та 040 і обрано спосіб який найбільш раціональний підходить для закріплення заготовки на даних операціях. Були обрані верстатні пристрої, які більше всього підходять для виготовлення деталі згідно креслення, сучасні верстати та раціональні вимірювальні інструменти. Розраховані режими різання аналітичним методом, а для інших переходів призначено режими різання табличним методом. Проведено та занесено до таблиць технічне нормування операцій.

Для операції 040 свердлильна з ЧПК був розрахований та спроектований спеціальний пристрій, який базується на застосуванні пневмозажиму, який базує, закріплює та дозволяє обробити деталь з необхідною точністю. Наведені рисунки, які демонструють сили закріплення та базування деталі на пристрої.

									Лист
									68
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

ТМ 18510230-00 ПЗ

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. **Косилова, А.Г.** Справочник технолога-машиностроителя: учеб. Пособие: в 2 т. Т.1. /А.Г. Косилова. - 2-е изд., перераб. - М.: Машиностроение, 1985. – 728 с.
2. **Егоров, М.Е.** Технология машиностроения/ В.И. Дементьев Под ред. Егорова М.Е. – 2-е изд., доп. – М.: Высшая школа, 1976. – 535 с.
3. **Горбачев, А.Ф.** Курсовое проектирование по технологии машиностроения 5-е изд./ В.А.Шкред/А.Ф. Горбачев- М.: ООО ИД «Альянс», 2007. – 256 с.
4. **Косилова, А.Г.** Справочник технолога-машиностроителя: учеб. Пособие: в 2 т. Т.1. /А.Г. Косилова.-2-е изд., перераб. – М.: Машиностроение, 1985.-728 с.
5. **Євтухов, В. Г.** Методичні вказівки до практичних робіт з курсів "Теоретичні основи технології виготовлення деталей та складання машин" та "Технологія машинобудування" [Текст] : для студ. напряму 6.0902 "Інженерна механіка" усіх форм навчання / В. Г. Євтухов, О. У. Захаркін. – Суми : СумДУ, 2004. – 75 с. – 2-05.
6. **Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. - Ч. 1.** Токарные, карусельные, токарно-револьверные, алмазно-расточные, сверлильные, долбежные и фрезерные станки.- М.: Машиностроение, 1974. - 416 с.
7. **Маталин, А. А.** Технология машиностроения: учебник / А. А. Маталин.— Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1985.—496 с., ил.
8. **Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках.- Ч. II. – М.: Машиностроение, 1974. – 200 с.**
9. **Панов, А.А.** Справочник технолога/ А.А. Панов. М.: Машиностроение, 1988.-736 с.

										Лист
										69
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ТМ 18510230-00 ПЗ

10. **Худобин, Л.В.** Курсовое проектирование по ТМС/ Л.В. Худобин. - М: Машиностроение, 1989. – 288 с.

11. **Безопасность производственных процессов: Справочник/ С.В. Белов** М.: Машиностроение, 1985 - 448 с.

					ТМ 18510230-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70