

РЕФЕРАТ

Записка: 48 с., 7 рис., 16 табл., 4 додатки, 11 літературних джерел.

Об'єкт розробки: корпус Н05.107.150.01 відцентрового насоса ЦНС 63-1400 з приводом від електродвигуна.

Мета роботи: підвищення ефективності технологічного процесу виготовлення корпусу Н05.107.150.01.

Виконаний аналіз службового призначення агрегата відцентрового насоса і корпусу та умов їх експлуатації. За коефіцієнтом закріплення операцій визначений тип виробництва – дрібносерійний, та форма його організації – групова.

Виконаний аналіз технологічності конструкції деталі за якісними та кількісними показниками. Вибраний спосіб одержання заготовки – штамповка на КГШП.

Виконаний аналіз технологічного процесу виготовлення деталі, вибрані і обгрунтовані схеми базування і закріплення заготовок на двох операціях: 015 «Токарна з ЧПК» і 035 «Свердлильна з ЧПК».

Розраховані припуски і граничні розміри за технологічними переходами на зовнішню поверхню діаметром 160гб.

Запропоновані верстати, верстатні пристрої, різальний та вимірювальний інструменти, розраховані режими різання та норми часу на наведені операції.

Спроектований верстатний пристрій для обробки заготовок на операції 035 «Свердлильна з ЧПК».

Розроблені заходи для вирішування питань, пов'язаних з охороною праці та безпекою на робочих місцях працюючих.

КОРПУС, ЗАГОТОВКА, БАЗУВАННЯ, ПРИПУСК, РЕЖИМ РІЗАННЯ,
НОРМА ЧАСУ, ПРИСТРІЙ

ЗМІСТ

	С.
Вступ.....	4
1 Аналіз службового призначення виробу, деталі. Опис конструктивних особливостей деталі та умов її експлуатації.....	5
2 Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі	9
3 Визначення типу виробництва та форми його організації	12
4 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	16
5 Вибір способу одержання заготовки та розроблення технічних вимог до неї	21
6 Аналіз існуючого технологічного процесу.....	24
6.1 Розрахунок припусків на механічну обробку	24
6.2 Аналіз та обґрунтування схем базування і закріплення заготовки	25
6.3 Обґрунтування вибору металорізальних верстатів	30
6.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів.....	32
6.5 Розрахунок режимів різання.....	33
6.6 Технічне нормування операцій	38
7 Проектування верстатного пристрою	40
Висновки	46
Перелік джерел посилання	47

					ТМЗ 19320704–00 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата				
Розроб.		Муслумов			Проектування технологічного процесу виготовлення корпусу Н05.107.150.01. Пояснювальна записка	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перев.		Нешта					3	48
Реценз.						СумДУ, ТМЗ-92с		
Н. Контр.		Євтухов						
Затв.		Іванов						

ВСТУП

Розвиток сучасного насособудування відбувається у напрямку поліпшення якості, підвищення надійності і довговічності виготовлених виробів. В конструкціях таких виробів як відцентрові насоси із електродвигунами, конструктори все частіше застосовують окремі вузи (складальні одиниці), які надійно запобігають витіканню рідини із їх робочих порожнин.

Такими вузлами (складальними одиницями) є торцеві ущільнювання. Конструкція торцевих ущільнювань складається із деталей, в яких треба забезпечити підвищену точність форми, розмірів, шорсткість поверхонь при їх виготовленні. Однією із таких деталей є корпус, виготовлений із сталі 12Х18Н10Т. Зазначені вимоги до такої деталі потребує застосування високої точності механічної обробки поверхонь, яка досягається застосуванням сучасного високоточного обладнання, технологічної оснастки, правильного підбору різального інструмента, працюючого із високою розмірною точністю при підвищених температурах в зоні різання.

Метою бакалаврської роботи є удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі – «Корпус Н05.107.150.01» [1].

					ТМЗ 19320704–00 ПЗ	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат		

1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ВИРОБУ, ДЕТАЛІ. ОПИС КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ДЕТАЛІ ТА УМОВ ЇЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

В теплових електричних та атомних станціях застосовуються технологічні схеми циркуляції значної кількості рідини, яка має різні фізичні та хімічні властивості і знаходиться під різними тисками та температурою. Циркуляція рідини виконується відцентровими насосами, які разом із електродвигуном, з'єднувальною муфтою та вимірювальними приборами складають агрегат. Відцентрові насоси використовуються для перекачування води, каналізаційних зливів, нафти і нафтопродуктів (див. рис. 1.1). Технічна характеристика відцентрового насоса з приводом від електродвигуна наведена в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика відцентрового насоса

Марка насоса	Подача, м ³ /год	Напір, м	Частота обертання електродвигуна, об/хв (синхр.)	Потужність електродвигуна, кВт
ЦНС 63-1400	63	1400	3000	630

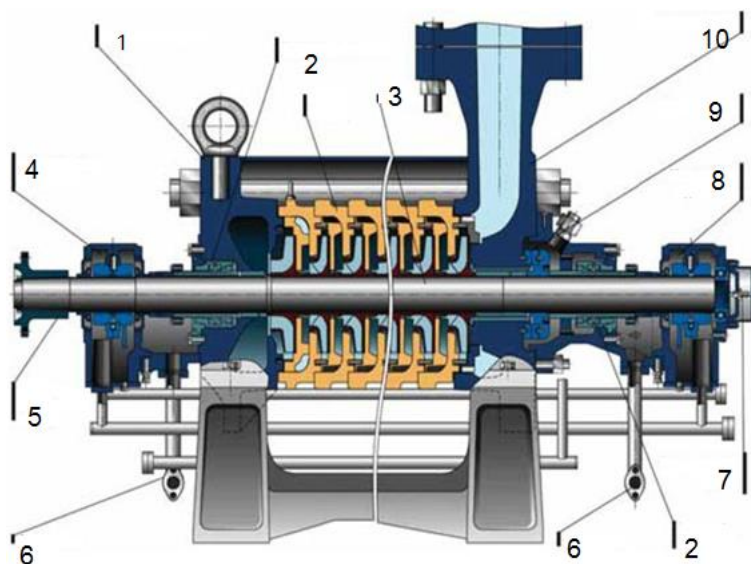


Рисунок 1.1 – Відцентровий насос

На рисунку 1.1 зображені: 1 – кришка всмоктування; 2 – корпус торцевого ущільнення; 3 – ротор; 4 – вузол переднього підшипника; 5 – муфта пластична; 6 – злив втрат, 7 – датчик осьового здвигу; 8 – вузол заднього підшипника; 9 – вузол розвантаження; 10 – кришка напірна

Насос відцентровий відноситься до класу динамічних поглинаючих турбомашин із осе симетричною роботою. Відцентровий насос використовується для закачування води і нафтового пласту з метою підтримування пластового тиску при добичі нафти. Насос відцентровий, горизонтальний, секційний, однокорпусний, багато східчастий, з одностороннім розташуванням робочих коліс, із розвантаженням осьового зусилля ротора за допомогою розвантажувального диску, з підшипниками кочення та приводом від електродвигуна. В насосі з подачею 63 м³/год передбачені: підшипники із картерним кільцевим змащуванням; торцеві ущільнювання вала; зубчаста єднальна муфта.

Торцеве ущільнення, яке застосовується в відцентровому насосі, призначене для усунення витoku рідини із робочих порожнин електричного насоса. Вузол торцевого ущільнювання безперервно працює у разі роботи або зупинки електричного насоса. За характеристикою торцеві ущільнювання мають низький момент тертя, довготривалі, прости в обслуговуванні. Основним недоліком є підвищена складність зібраного вузла та його висока вартість.

Однією із основних деталей торцевого ущільнювання є корпус, який призначений для підтримання розташованих на ньому деталей та сприйняття діючих на них сил в корпусі механізму (див. рис. 1.2).

За класифікацією корпус торцевого ущільнення є корпусною деталлю, має вигляд фланця ступінчатої форми, що сприяє рівній напруженості окремих його частин, спрощує виготовлення та установку деталей на вал.

Аналіз службового призначення поверхонь корпусу виконується згідно креслення. Нумерація поверхонь деталі наведена на рисунку 1.2.

Основне службове призначення корпусу – забезпечити надійність потрібного зусилля закріплення торцевого ущільнювання з корпусом насоса, герметичність

					ТМЗ 19320704–00 ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат		

ущільнення по поверхні рознімання, потрібну величину сили стиснення пружини, безперервність промивання пружин прісною водою.

Службове призначення корпусу забезпечується виконавчими поверхнями (ВП) корпусу, а саме, поверхнями 7, 8, 18 та двома отворами 24, в які вкручуються штуцера для підведення прісної води.

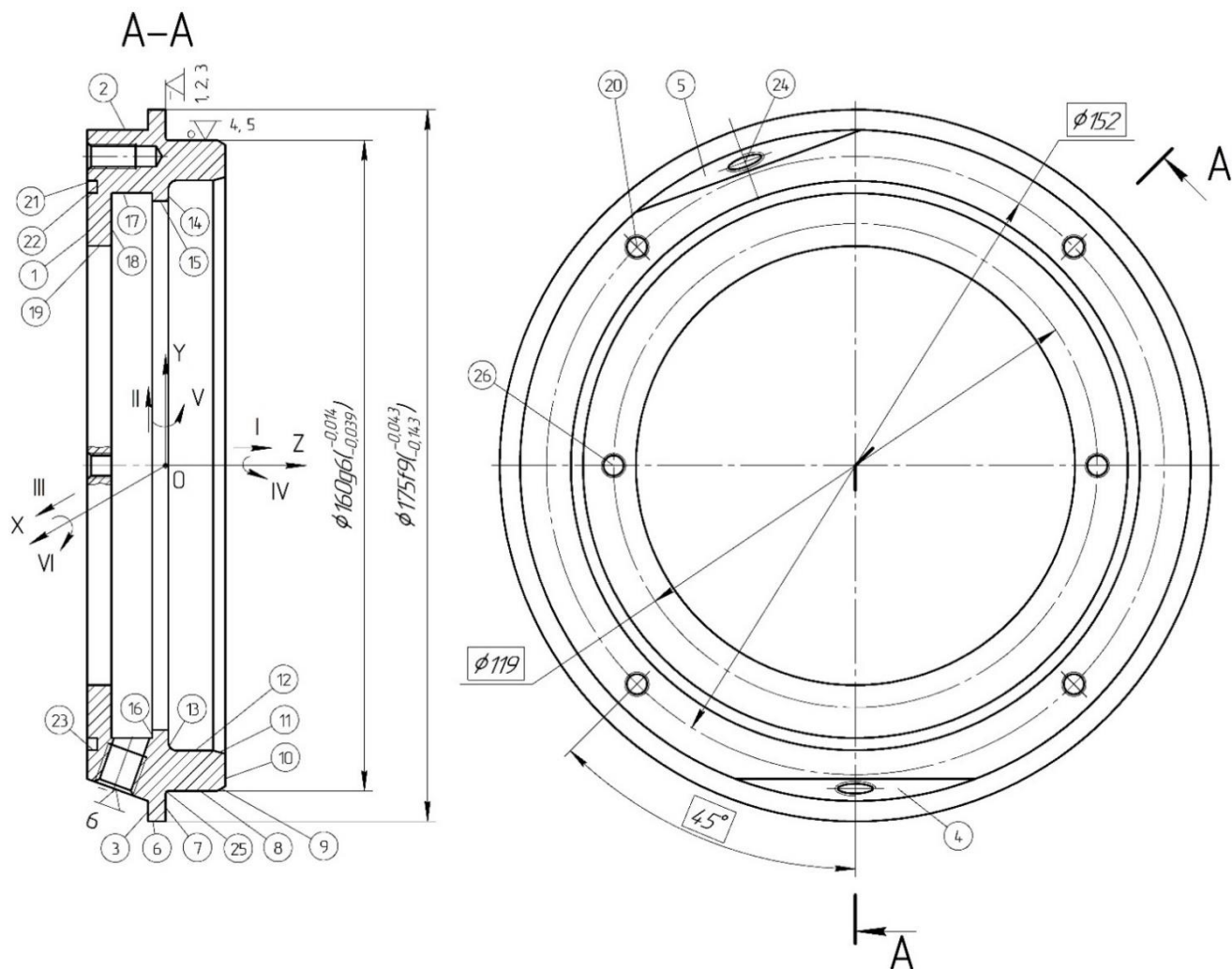


Рисунок 1.1 – Схема базування корпусу у виробі

Торцева поверхня 7, циліндрична поверхня 8 та один із отворів 24 передбачені для встановлення корпусу в корпус електричного насосу. Наведені поверхні є основними конструкторськими базами (ОКБ). Поверхня 7 позбавляє трьох ступенів вільності – одного поступального переміщення уздовж осі OZ і двох обертань відповідно осей OX і OY. За класифікацією баз це установка база (УБ). Поверхня 8 позбавляє двох ступенів вільності – поступального переміщення

									Арк.
									7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат	ТМЗ 19320704–00 ПЗ				

уздовж осей ОХ та ОУ. За класифікацією баз це подвійна опорна база (ПОБ). Потрібне розташування отворів 24 відносно корпусу насоса досягається позбавленням шостої ступені свободи – обертання навколо осі ОZ (опорна база (ОБ)). Ступені свободи та матриця зв'язків деталі наведені в таблицях 1.1 та 1.2 відповідно.

Таблиця 1.1 – Таблиця відповідності

Зв'язок	Ступінь свободи	Найменування бази
1, 2, 3	I, V, VI	УБ
4, 5	II, III	ПОБ
6	IV	ОБ

Таблиця 1.2 – Матриця зв'язків

1, α / X, Y, Z	X	Y	Z	Найменування бази
1	0	0	1	УБ
α	1	1	0	
1	1	1	0	ПОБ
α	0	0	0	
1	0	0	0	ОБ
α	0	0	1	
Всього	2	2	2	6-ь зв'язків

Поверхні 7, 8, 24 (2-і поверхні) є ВП, поверхні 7, 8, 4 або 5 – ОКБ, поверхні 1, 4, 5, 6, 12, 13, 14, 18, 20, 22, 23, 24, 26 є допоміжними конструкторськими базами (ДКБ), які передбачають орієнтацію приєднаних до корпусу деталей. Інші поверхні корпусу є вільними, вони визначають габарити деталі, її масу, жорсткість і її спроможність довготривалій роботі у виробі.

2 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ НА ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

Аналізом креслення «Корпус Н05.107.150.01» (дивись додаток А) визначено, що кількість видів, проекцій, перетинів, виносок достатня для виготовлення деталі. Технічні вимоги креслення деталі призначені конструктором вірно і дозволяють виконати своє службове призначення безпосередньо. Маса деталі – 2,0 кг, максимальні габаритні розміри – Ø175 x 34 мм.

Виходячи із вимог експлуатації деталі у виробі, конструктор призначив матеріалом сталь марки 12Х18Н10Т ГОСТ 5949-75 (див. табл. 2.1 та 2.2) [2].

Таблиця 2.1 – Хімічні властивості сталі 12Х18Н10Т ГОСТ 5949-75, в процентах

Марка матеріалу	Cr	Ni	Ti	C	S	P	Si	Cu	Mn
Сталь 12Х18Н10Т ГОСТ 5949-75	17-19	9-11	0,5-0,8	Не більше					
				0,12	0,02	0,035	0,8	0,3	0,2

Таблиця 2.2 – Механічні властивості сталі 12Х18Н10Т ГОСТ 5949-75

Марка матеріалу	σ_B , МПа	σ_T , МПа	НВ
Сталь 12Х18Н10Т ГОСТ 5949-75	510	196	143-187

До механічної характеристики сталі також входять: модуль нормальної пружності $E = 189$ МПа; питома теплоємність $C = 462$ Дж/кг·с; відносне подовження після розриву $\delta = 35\%$; відносне звуження $\psi = 40\%$; коефіцієнт теплопровідності $\lambda = 15$ Ом·м; густина $\rho = 7,9$ г/см³ [2].

Замінниками цієї марки сталі можуть бути сталі марок: 08Х18Г8Н2Т, 10Х14Г14Н4Т, 12Х17Г9АН4, 08Х17Т, 15Х25Т, 10Х18Н9Т.

Застосування зазначеного матеріалу та її замінників для виготовлення корпусу конструктором обґрунтовано.

Точність розмірів зазначених конструктором обґрунтована. Для поверхонь ОКБ точність розмірів відповідає ІТ6, для поверхонь ДКБ точність становить ІТ9, для інших розмірів точність знаходиться в межах ІТ12-ІТ14. Наведена точність розмірів забезпечує точність базування деталі у вузлу, а також деталей, які

					ТМЗ 19320704-00 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат		

приєднані до корпусу. Всі зазначені розміри мають допуски, які відповідають вимогам ГОСТ 25346-82. Зазначені розміри суттєво не впливають на функціональну спроможність корпусу у виробі.

Точність форми поверхонь деталі вимогами креслення не зазначені. У цьому випадку допуски форм поверхонь знаходяться в межах допуску на відповідний розмір. Деталь має вигляд тіла обертання і складається із циліндричних поверхонь. Допуском форми для цих поверхонь є допуск циліндричності і круглості. За рекомендаціями джерела [3], якщо для поверхонь допуск форми не зазначений, то його приймають в межах 0,3 допуску розміру на відповідний діаметр.

Для торцевої поверхні $\text{Ø}175f9/\text{Ø}160g6$ конструктор зазначив допуск радіального биття 0,05 мм відносно базової поверхні В обґрунтовано, тому що ця поверхня визначає розташування корпусу із основним корпусом насосу, між якими вставлене резинове ущільнювання. З'єднання деталей повинно бути без щілин і мати відповідну густину стику.

Канавка розмірами $\text{Ø}140H9 \times \text{Ø}134 \times 2,5$ мм передбачена для встановлення (базування) на торцеву поверхню корпусу кришки. На поверхню $\text{Ø}140H9$ зазначений допуск радіального биття 0,05 мм. Це рішення конструктора є правильним, тому що з'єднані деталі повинні забезпечити співвісність у торцевому ущільненні.

Поверхня буртика $\text{Ø}130H9 \times 4$ мм має допуск радіального биття 0,03 мм. Ця вимога обґрунтована, тому що вона фіксує обойму, яка з'єднується із корпусом.

Між циліндричними поверхнями $\text{Ø}130H9$ та $\text{Ø}140,2$ при з'єднанні корпусу з обоймою вставляється гумове ущільнювання, яке забезпечує щільність і неможливість витікання рідини крізь нього. Це рішення конструктора обґрунтовано.

Чотири кріпильних отвори $M6 \times 1,0-7H$ та два отвори $M6 \times 1,0-7H$ мають залежний допуск 0,3 та 0,5 мм на діаметр відносно осей ділільних кіл $\text{Ø}152$ мм та $\text{Ø}119$ мм і пов'язані із віссю циліндричної поверхні $\text{Ø}160g6$. Крім цього, розташування чотирьох отворів під кутами 45° та двох отворів під кутом 180°

					ТМЗ 19320704–00 ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат		

також пов'язане із віссю поверхні Ø160g6. Ці вимоги конструктор зазначив з метою їх суміщення із отворами приєднувальних деталей – кришки і обойми. Виходячи із експлуатації подібних конструкцій в промисловості зазначені допуски є обґрунтованими.

Шорсткість зовнішніх, внутрішніх та торцевих поверхонь, зазначених на кресленні відповідає мінімальним вимогам відносно допусків на ці розміри та форми поверхонь. Вимоги конструктора до величини шорсткості поверхонь є обґрунтованими і призначені залежно від їх функціонального призначення.

Аналізом не виявлено суттєвих відхилень технічних вимог креслення корпусу від діючих державних і міжнародних стандартів. Це дає підставу приступити до розроблення маршрутного технологічного процесу та технологічної документації на задану деталь виробу.

					ТМЗ 19320704–00 ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат		

3 ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА ТА ФОРМИ ЙОГО ОРГАНІЗАЦІЇ

Тип виробництва визначається за коефіцієнтом закріплення операцій K_{30} [4]. Вихідними даними для розрахунку коефіцієнта є існуючий технологічний процес виготовлення важеля, норми штучно-калькуляційного часу $T_{ш-к}$ за всіма операціями та річний випуск виробів $N = 2000$ шт. Вихідні та розраховані дані наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Розрахунок коефіцієнта закріплення операції

Номер операції	Найменування операції	$T_{ш-к},$ хв	m_p	P	$\eta_{з.ср.}$	O
020	Токарна з ЧПК	19,3	0,2	1	0,2	4,0
025	Токарна з ЧПК	7,3	0,076	1	0,076	10,53
040	Вертикально-фрезерна	1,62	0,017	1	0,017	47,06
050	Радіально-свердлильна	1,21	0,013	1	0,013	61,54
	Всього	29,43	–	4	–	123,13

Визначення типу виробництва.

Кількість верстатів по окремим операціям визначається за формулою [4]:

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

де $N = 2000$ шт – річна програма виготовлення виробів;

$F_d = 4029$ год – дійсний річний фонд часу роботи обладнання;

$\eta_{з.н.ср.} = 0,8$ – середнє значення нормованого коефіцієнта завантаження обладнання (на цьому етапі тип виробництва ще не визначений).

Приймаємо цілу кількість робочих місць P та округляємо їх до найближчого цілого значення m_p .

Фактичний коефіцієнт завантаження робочого місця визначається за формулою

$$\eta_{з.ф.} = \frac{m_p}{P}$$

Кількість операцій, що виконуються на робочому місці визначається за формулою

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

Результати розрахунків $T_{ш-к}$; P ; O наведені в таблиці 3.1.

Коефіцієнт закріплення операцій визначається за формулою:

$$K_{30} = \frac{\Sigma O}{\Sigma P} = \frac{123,13}{4} \cong 30,8.$$

Згідно ГОСТ 14.004–83, якщо $20 < K_{30} = 30,8 \leq 40$, то це відповідає дрібносерійному виробництву [4].

Визначення форми організації виробництва.

Випуск N_d деталей за добу:

$$N_d = \frac{N}{254} = \frac{2000}{254} = 8 \text{ шт},$$

де 254 – кількість робочих днів за рік.

Продуктивність Q потокової стрічки за сутки при її завантаженні на 60%:

$$Q = \frac{F_{сут} \cdot 0,6}{T_{ср}} = \frac{952 \cdot 0,6}{7,358} = 78 \text{ шт},$$

де $F_c = \frac{F_d \cdot 60}{254} = \frac{4029 \cdot 60}{254} = 952 \text{ хв}$ – фонд часу роботи обладнання при режимі роботи у дві зміни;

$$T_{ср} = \frac{\Sigma T_{ш-к}}{n_p} = \frac{29,43}{4} = 7,358 \text{ хв} \text{ – середня трудомісткість основних}$$

механічних операцій;

$n_p = 4$ – кількість основних механічних операцій технологічного процесу.

Якщо $N_d = 8 \text{ шт} < Q = 78 \text{ шт}$, то застосування одно номенклатурної стрічки є недоцільним, тому приймаємо групову форму організації виробництва [4]. Вироби запускаються у виробництво із визначеною періодичністю, що є ознакою дрібносерійного виробництва.

Кількість деталей в партії для одночасного запуску можна визначити спрощеним способом:

					ТМЗ 19320704–00 ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат		

$$N_{\text{п}} = \frac{N \cdot a}{254} = \frac{2000 \cdot 12}{254} = 95 \text{ шт.},$$

де $a = 12$ дня – періодичність запуску деталей у виробництво.

Розмір партії корегуємо за рахунок кількості змін C на обробку всієї партії:

$$C = \frac{T_{\text{ср}} \cdot N_{\text{п}}}{F_{\text{см}} \cdot \eta_{\text{з.н.}}} = \frac{7,358 \cdot 95}{476 \cdot 0,9} = 1,632,$$

де $F_{\text{см}} = \frac{F_{\text{сут}}}{\nu} = \frac{952}{2} = 476$ хв – фонд часу роботи обладнання за одну зміну;

$\nu = 2$ – кількість змін;

$\eta_{\text{з.н.}} = 0,8 - 0,9$ – нормований коефіцієнт завантаження верстатів у дрібносерійному виробництві [4].

Кількість змін округляємо до найближчого значення $C_{\text{п}} = 2$. Тоді кількість деталей в партії:

$$N_{\text{п}} = \frac{F_{\text{см}} \cdot C_{\text{п}} \cdot \eta_{\text{з.н.}}}{T_{\text{ср}}} = \frac{476 \cdot 2 \cdot 0,9}{7,358} = 117 \text{ шт.}$$

Основна характеристика дрібносерійного типу виробництва із груповою формою організації згідно ГОСТ 14.004–83 [2].

У дрібносерійному виробництві використовується універсальне і частково спеціальне обладнання. Широко застосовуються верстати з ЧПК. Верстати розташовані за технологічними групами із урахуванням напрямку основних вантажних потоків цеху по предметно-замкнутим ділянкам. Застосовується універсально-збірне, періодично налагоджувальне технологічне оснащення. Основний типаж різального інструменту – універсальний і частково спеціальний. Вимірювальний інструмент – калібри, спеціальний вимірювальний інструмент.

Вихідними заготовками застосовують виливки в піщано-глинясті форми, лиття під тиском, точне лиття, поковки і точні штамповки. Потрібна точність розмірів досягається методами пробних холів та вимірювань із частковим застосуванням розмічення.

					ТМЗ 19320704–00 ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат		

Кваліфікація основних робочих – висока. Технологічна документація та нормування розробляється для найбільш складних і відповідальних заготовок і спрощене нормування – для простих заготовок.

У дрібносерійному виробництві технологічний процес частково диференційований, тобто розчленований на окремі операції, які закріплені за окремими визначеними верстатами.

Дрібносерійне виробництво значно економніше, ніж одиничне, тому що краще використовується технологічне устаткування, спеціалізація робочих місць, що збільшує продуктивність праці і зменшує собівартість виготовленої продукції.

					ТМЗ 19320704–00 ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат		

4 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ

Оцінювання технологічності конструкції деталі за якісними показниками.

Деталь (дивись креслення «Корпус Н05.107.150.01») є тілом обертання. За класифікацією конструктивних елементів деталі довжиною $L = 34$ мм, діаметром $D = 175$ мм, поділka $L/D = 0,2 < 0,7$, деталь відноситься до класу дисків. Конструкція деталі не має складних форм поверхонь або поєднаних простих і складних форм поверхонь. За більшістю поверхні деталі мають форму циліндра, площини, конуса. За цим показником деталь можна вважати технологічною.

Конструктор при проектуванні конструкції деталі спромігся максимально зменшити трудомісткість механічних операцій та металоємкість конструкції. При обробки циліндричних і торцевих поверхонь деталі можна застосувати продуктивні методи їх обробки – точіння різцями. Зовнішні циліндричні поверхні $\varnothing 165$, $\varnothing 175f9$, $\varnothing 160g6$ та торцеві поверхні $\varnothing 165/\varnothing 108$, $\varnothing 175f9/\varnothing 165$, $\varnothing 175f9/\varnothing 160g6$, можна оброблювати на токарних верстатах з ЧПК контурним різцем. Конструкція деталі, яка складена внутрішніми циліндричними поверхнями $\varnothing 108$, $\varnothing 130H9$, $\varnothing 140,2$, дозволяє вести їх обробку різцями «на прохід» і також оброблювати контурним різцем, що зменшує трудомісткість їх виготовлення. Обробка наведених поверхонь не викликає утруднень і їх конструкцію можна вважати технологічною.

Нетехнологічним елементом конструкції деталі можна вважати внутрішню циліндричну поверхню $\varnothing 134 \times 10$ мм, яка обмежена двома торцевими поверхнями $\varnothing 134/\varnothing 108$ та $\varnothing 134/\varnothing 130H9$. Її обробка потребує застосування канавкового розточувального різця і збільшить собівартість виготовлення деталі. Обробка різних за величиною галтелей $R = 0,6$ мм та $R = 2$ мм потребує застосування копіювальних різальних інструментів – різців, що можна вважати конструкцію корпусу відносно не технологічною.

Нетехнологічним рішенням конструкції корпусу є дві площинні поверхні («лиски»), які розташовані під кутом 20° відносно осі деталі, а також їх розташування під кутом один до одного (див. рис. 4.1).

					ТМЗ 19320704–00 ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат		

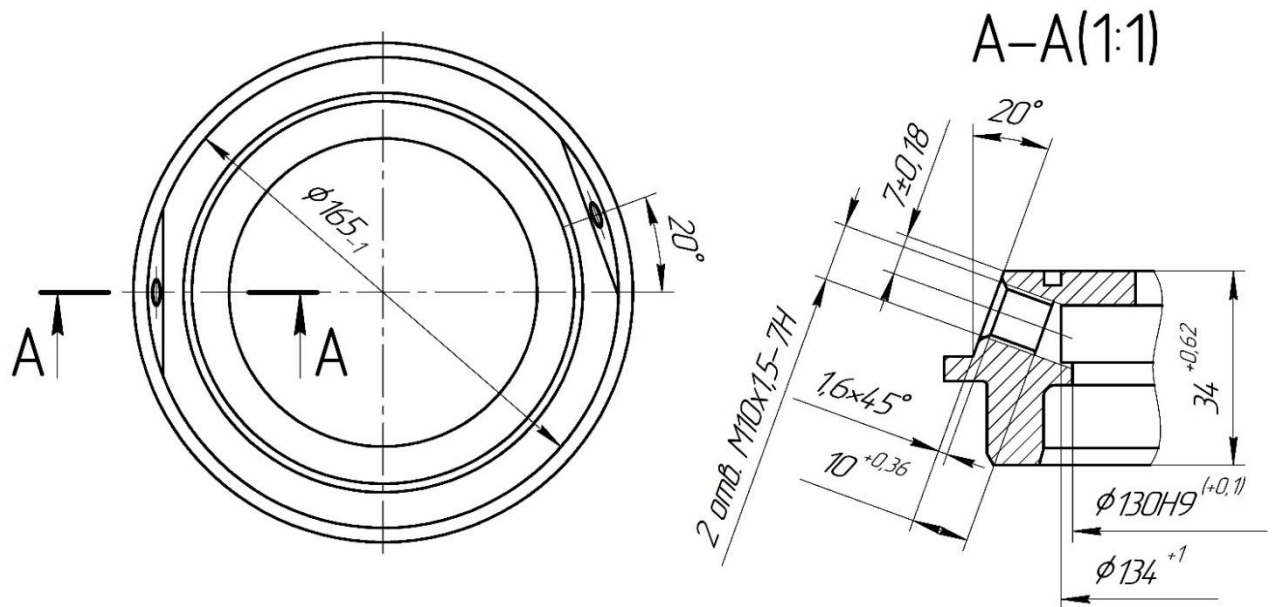


Рисунок 4.1 – Розташування двох «лисок» на поверхні корпусу

Для обробки двох «лисок» треба розробити спеціальний верстатний пристрій або застосувати фрезерний верстат із поворотною інструментальною головкою, яка обертається на кут $\pm 90^\circ$. Наведене конструктивне рішення збільшує собівартість виготовлення деталі. Більш технологічним рішенням конструкції можна запропонувати розташування двох «лисок» під кутом 180° – паралельно один до одного. Це дозволить можливість вести їх одночасну обробку з одного установу та застосувати більш просту конструкцію верстатного пристрою. Але це рішення треба узгоджувати з конструктором деталі.

Складність виникає при виконанні двох отворів із різьбою $M10 \times 1,5-7H$, осі яких розташовані перпендикулярно до площин «лисок» (див. рис. 4.1). Для їх обробки треба застосувати спеціальний пристрій. Також, виникає обмеження застосування конструкції мірного інструменту – свердла, що пов'язано із розташуванням торцевої поверхні $\phi 134/\phi 130H9$ і яка обмежує поступальний рух інструмента при обробці. Крім цього, при перебігу свердла (вихід на внутрішню канавку) виникає умова нестабільної сили різання, що призводить до руйнуванню інструмента та виникненню задирок на перетинах поверхонь деталі. Для усунення цих недоліків треба збільшити ширину канавки з 10 до 12 мм. Запропоноване рішення треба узгоджувати з конструктором.

									Арк.
									17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат	ТМЗ 19320704–00 ПЗ				

Особлива складність виникає при виконанні технічних вимог поверхонь із низькою шорсткістю $R_a = 1,6$ мкм. Щоб забезпечити зазначену шорсткість, треба в технологічному процесі обробки цих поверхонь застосувати операцію шліфування. Але обробка абразивними кругами сталі із підвищеним процентом нікелю та титану (сталь 12X18H10T) пов'язана із «засалюванням» робочої поверхні абразивного круга і виникненню адгезії в зоні різання. Практично неможливо забезпечити зазначену вимогу шліфуванням. У цьому випадку можна запропонувати метод тонкого точіння різцями із пластинами твердого сплаву на відповідних режимах різання. Цей конструктивний елемент деталі є не технологічним.

Нетехнологічним елементом є конструкція «глухої» різьби в чотирьох різьбових отворах $M6 \times 1-7H$ (див. рис. 4.2).

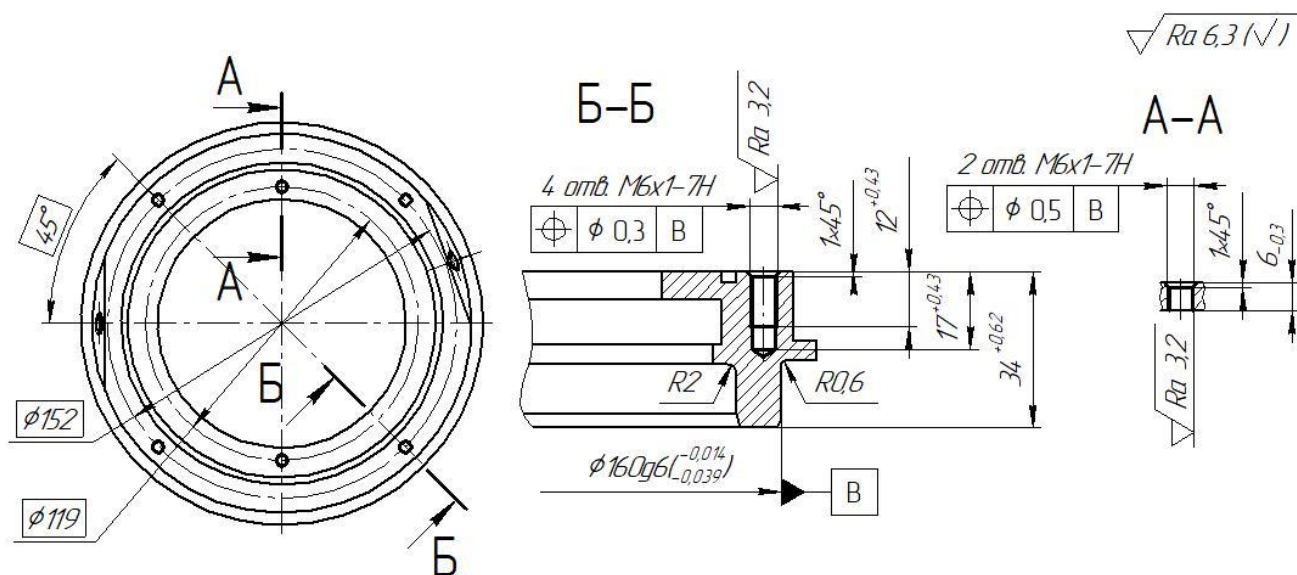


Рисунок 4.2 – Нетехнологічні елементи деталі – «глуха» різьба

Це пов'язано з плохим видаленням в'язкої стружки із зони різання та можливою поломкою свердла або мітчиків при їх обробки. Підвищена трудомісткість обробки при розташуванні чотирьох різьбових отворів під кутом 45° (залежний допуск на діаметрі 152 мм в межах 0,3 мм на діаметр) і 90° (залежний допуск діаметрі 119 мм в межах 0,5 мм на діаметр) робить конструкцією деталі відносно технологічною.

										Арк.
										18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат	ТМЗ 19320704-00 ПЗ					

Обробка інших поверхонь деталі не визиває ускладнень при виборі методів і способів їх виготовлення. Доступ інструменту для обробки цих поверхонь не обмежений, їх можна використовувати технологічними або вимірювальними базами на технологічних операціях. Таким чином, можна вважати конструкцію корпусу відносно технологічною а конструктору доопрацювати окремі елементи деталі на технологічність.

Оцінювання технологічності конструкції деталі за кількісними показниками.

Рівень технологічності конструкції деталі оцінюється кількісними показниками, а саме, коефіцієнтами уніфікації конструктивних елементів, точності обробки, шорсткості поверхонь, використання металу.

1. Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів K_{ye} . Деталь має 30 елементів: циліндричних поверхонь – 8 (зовнішніх – 3, внутрішніх – 5), торцевих (плоских) поверхонь – 10, різьбових отворів – 8, галтелей – 2, конічних поверхонь – 2, поверхонь складної форми – немає, радіусних поверхонь – немає.

Усі 30-ь конструктивних елементів уніфіковані, оригінальних елементів немає. Коефіцієнт уніфікації визначається за формулою:

$$K_{ye} = 30/30 = 1,0.$$

Показник коефіцієнта уніфікації елементів найвищий і за цим критерієм конструкція деталі є технологічною [4].

2. Коефіцієнт точності K_T діаметральних і основних лінійних розмірів деталі визначається за даними таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Вихідні дані для визначення коефіцієнта точності K_T

Квалітет точності T_i	6	7	9	12	14
Кількість квалітетів n_i	1	8	3	1	25
$T_i \cdot n_i$	6	56	27	12	350

$$\Sigma n_i = 38; \quad \Sigma(T_i \cdot n_i) = 451.$$

$$T_{cp} = \frac{\Sigma(T_i \cdot n_i)}{\Sigma n_i} = \frac{451}{38} = 11,9.$$

									Арк.
									19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат					

ТМЗ 19320704–00 ПЗ

$$K_T = 1 - \frac{1}{T_{cp}} = 1 - \frac{1}{11,9} = 0,92.$$

За показником коефіцієнта точності $K_T = 0,92$ деталь є технологічною.

3. Коефіцієнт шорсткості $K_{ш}$ діаметральних, торцевих, плоских та різьбових поверхонь деталі визначається за даними таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Вихідні дані для визначення коефіцієнта шорсткості $K_{ш}$

Шорсткість поверхонь $Ш_i(R_a, \text{мкм})$	1,6	3,2	6,3	12,5
Кількість поверхонь n_i	7	8	12	8
$Ш_i \cdot n_i$	11,2	25,6	75,6	100

$$\Sigma n_i = 35; \quad \Sigma(Ш_i \cdot n_i) = 212,4.$$

$$Ш_{cp} = \frac{\Sigma(Ш_i \cdot n_i)}{\Sigma n_i} = \frac{212,4}{35} = 6,07.$$

$$K_{ш} = \frac{1}{Ш_{cp}} = \frac{1}{6,07} \cong 0,17.$$

Показник коефіцієнта шорсткості $K_{ш} = 0,17$ є відносно достатнім і за цим критерієм конструкцію деталі можна вважати недостатньо технологічною [4].

4. Коефіцієнт використання металу $K_{вм}$. Цей коефіцієнт визначається за формулою:

$$K_{вм} = \frac{m_d}{m_3} = \frac{2,0}{3,3} = 0,61,$$

де $m_d = 2,0$ кг – маса деталі;

$m_3 = 3,3$ кг – маса заготовки.

За коефіцієнтом використання металу конструкцію деталі можна вважати достатньо технологічною, тому що незначна частина металу видаляється в стружку при механічній обробки.

Аналіз якісних та кількісних показників технологічності поверхонь деталі дозволив визнати її технологічною на стадіях виготовлення заготовки та механічної обробки.

					ТМЗ 19320704–00 ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат		

5 ВИБІР СПОСОБУ ОДЕРЖАННЯ ЗАГОТОВКИ ТА РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ ДО НЕЇ

Заготовка корпусу виготовляється із сталі 12Х18Н10Т ГОСТ 5949-75 методом «обробка тиском». У дрібносерійному виробництві заготовки невеликої маси економічно доцільно виготовляти ковкою на пресах [3]. За даними джерела [3] виготовлення поковок масою до 100 кг із не складною формою, робить економічно вигідним одержання заготовок наведеним методом. Таким чином, розрахунок варіантів способів отримання заготовок зводиться до розрахунку вартості заготовки, що отримана ковкою на пресах. Беремо спосіб отримання заготовки – штамповка на КГШП у відкритих штампах. Припуски і розміри заготовки визначаємо згідно ГОСТ 7505-89 [5].

Розроблення креслення штампованої заготовки.

1. Орієнтовна маса поковки визначається за додатком 3 [5, т. 20]:

$$m_3 = m_d \cdot K_p = 2 \cdot 1,7 = 3,4 \text{ кг,}$$

де $m_d = 2,0$ кг – маса деталі;

$K_p = 1,7$ – коефіцієнт.

2. Клас точності поковки визначається за додатком 1 [5, т. 19] – Т4.

3. Група сталі – М3 [5, т. 1].

4. Ступінь складності визначається за додатком 2 (обов'язковим) [5, с. 30].

Спочатку визначаються розміри фігури, в яку вписана деталь. Це циліндр розмірами – діаметр $175 \cdot 1,05 = 183,75$ мм; довжина $34 \cdot 1,05 = 35,7$ мм. Далі визначаємо масу циліндра:

$$m_\phi = V_\phi \cdot \gamma = \frac{3,14 \cdot 18,375^2}{4} \cdot 3,57 \cdot 7,9 \cong 7,5 \text{ кг,}$$

де V_ϕ – об'єм фігури – циліндра розмірами (18,375 x 3,57 см);

$\gamma = 7,9$ г/см³ – густина матеріалу заготовки (сталі).

Визначаємо ступінь складності С за формулою:

$$C = \frac{m_3}{m_\phi} = \frac{3,4}{7,5} = 0,45.$$

					ТМЗ 19320704–00 ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат		

Якщо C знаходиться в межах 0,32 – 0,63, то ступінь складності – $C2$ [5, т. 2].

5. Площина рознімання штампку – плоска.

6. Вихідний індекс (VI) – 14.

За отриманими даними визначаємо припуски, допуски і розміри заготовки (див. табл. 5.1).

Таблиця 5.1 – Розрахунок розмірів штампованої заготовки

Номінальний розмір деталі (шорсткість, мкм), мм	Припуск (на сторону), мм (табл. 3)	Додатковий припуск (на сторону), мм	Допуск, мм (табл. 8)	Розрахований розмір, мм	Прийнятий розмір заготовки, мм
1	2	3	4	5	6
Ø175/9 ($R_a = 1,6$)	2,5	0,3	$3,6^{+2,4}_{-1,2}$	Ø180,6 $^{+2,4}_{-1,2}$	Ø180,5 $^{+2,4}_{-1,2}$
Ø165 ($R_a = 6,3$)	2,5	0,3	$3,6^{+2,4}_{-1,2}$	Ø170,6 $^{+2,4}_{-1,2}$	Ø170,5 $^{+2,4}_{-1,2}$
Ø160g6 ($R_a = 1,6$)	2,3	0,3	$3,6^{+2,4}_{-1,2}$	Ø165,2 $^{+2,4}_{-1,2}$	Ø165,5 $^{+2,4}_{-1,2}$
Ø140,2 ($R_a = 1,6$)	2,3	0,3	$3,2^{+2,1}_{-1,1}$	Ø135 $^{+1,1}_{-2,1}$	Ø135 $^{+1,1}_{-2,1}$
Ø130H9 ($R_a = 1,6$)	2,3	0,3	$3,2^{+2,1}_{-1,1}$	Ø124,8 $^{+1,1}_{-2,1}$	Ø125 $^{+1,1}_{-2,1}$
Ø108 ($R_a = 6,3$)	2,3	0,3	$3,2^{+2,1}_{-1,1}$	Ø102,8 $^{+1,1}_{-2,1}$	Ø103 $^{+1,1}_{-2,1}$
34 ($R_a = 6,3/6,3$)	1,8	0,3	$2,5^{+1,6}_{-0,9}$	38,2 $^{+1,6}_{-0,9}$	38 $^{+1,6}_{-0,9}$
14 ($R_a = 1,6/6,3$)	1,8	0,3	$2,5^{+1,6}_{-0,9}$	14 $^{+1,6}_{-0,9}$	14 $^{+1,6}_{-0,9}$
5 ($R_a = 1,6/6,3$)	1,8	0,3	$2,5^{+1,6}_{-0,9}$	9,2 $^{+1,6}_{-0,9}$	9 $^{+1,6}_{-0,9}$
28 ($R_a = 6,3/6,3$)	1,8	0,3	$2,5^{+1,6}_{-0,9}$	28 $^{+1,6}_{-0,9}$	28 $^{+1,6}_{-0,9}$
14 ($R_a = 1,6/6,3$)	1,8	0,3	$2,5^{+1,6}_{-0,9}$	14 $^{+1,6}_{-0,9}$	14 $^{+1,6}_{-0,9}$

Вартість однієї заготовки S_3 визначається за формулою:

$$S_3 = m_3 \cdot S_1 \cdot K_T \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_{II} - (m_3 - m_d) \cdot S_{\text{віт}}$$

де $m_3 = 3,4$ кг – маса заготовки;

$S_1 = 37,5$ грн – вартість 1-го кілограма заготовки;

$K_T = 1,0$ – коефіцієнт, який враховує клас точності заготовки;

$K_C = 0,87$ – коефіцієнт, який враховує групу складності заготовки;

$K_B = 0,89$ – коефіцієнт, який враховує масу заготовки;

$K_M = 2,0$ – коефіцієнт, який враховує марку матеріалу заготовки;

$K_{II} = 1,0$ – коефіцієнт, який враховує тип виробництва заготовок;

$m_d = 2,0$ кг – маса деталі;

					ТМЗ 19320704–00 ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат		

$S_{\text{від}} = 5$ грн – вартість 1-го кілограма відходів.

$$S_3 = 3,4 \cdot 37,5 \cdot 1 \cdot 0,87 \cdot 0,89 \cdot 2 \cdot 1 - (3,4 - 2) \cdot 5 = 191 \text{ грн.}$$

Вартість річної партії заготовок визначиться за формулою:

$$S_{\text{зр}} = S_3 \cdot N = 191 \cdot 2000 = 382000 \text{ грн.}$$

На рисунку 5.1 наведено креслення заготовки «Корпус».

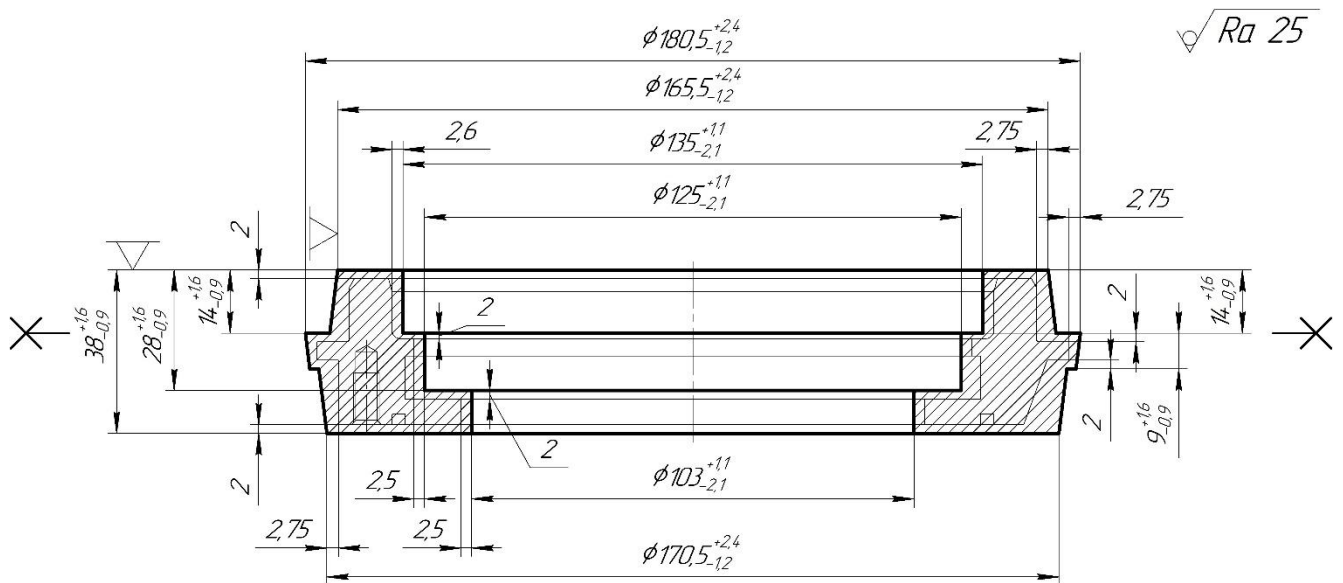


Рисунок 5.1 – Заготовка деталі «Корпус»

Технічні вимоги для виготовлення заготовки наведені на кресленні «Корпус. Штамповка. Н05.107.150.01».

										Арк.
										23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат						

ТМЗ 19320704–00 ПЗ

6 АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

6.1 Розрахунок припусків на механічну обробку

Розрахунок припусків на обробку і проміжні граничні розміри виконується для поверхні $\varnothing 160g6(-0,014; -0,039)$ мм з шорсткістю $R_a = 1,6$ мкм. Вихідні дані: заготовка – штамповка класу точності Т4 ГОСТ 7505-89, маса деталі 2,0 кг, маса заготовки 3,3 кг.

1. Заготовка (штамповка) $R_{z_{i-1}} = 150$ мкм і $H_{i-1} = 250$ мкм [4].

Чорнове точіння $R_{z_{i-1}} = 50$ мкм і $H_{i-1} = 50$ мкм [4].

Чистове точіння $R_{z_{i-1}} = 30$ мкм і $H_{i-1} = 30$ мкм [4].

Тонке точіння $R_{z_{i-1}} = 3$ мкм і $H_{i-1} = 0$ [4].

2. Просторове відхилення для заготовки визначається за формулою:

$$\rho_3 = \sqrt{\rho_{3M}^2 + \rho_{ексц}^2} = \sqrt{0,7^2 + 0,8^2} = 1,063 \text{ мм} = 1063 \text{ мкм},$$

де $\rho_{3M} = 0,7$ мм – величина зміщення поверхонь штампа [5, т. 9, с. 20];

$\rho_{ексц} = 0,8$ мм – найбільше відхилення від концентричності пробитого отвору [5, т. 12, с. 23].

Просторові відхилення для чорнового, чистового і тонкого точіння:

$$\rho_{чорн} = 0,06 \cdot \rho_3 = 0,06 \cdot 1063 = 64 \text{ мкм};$$

$$\rho_{чист} = 0,04 \cdot \rho_3 = 0,04 \cdot 1063 = 43 \text{ мкм};$$

$$\rho_{тонк} = 0,02 \cdot \rho_3 = 0,02 \cdot 1063 = 21 \text{ мкм}.$$

3. Похибка устанавлення заготовки $\varepsilon_{у чорн}$ при чорновому точінні визначиться за формулою

$$\varepsilon_{у чорн} = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2} = \sqrt{0^2 + 370^2} = 370 \text{ мкм},$$

де $\varepsilon_6 = 0$ – похибка устанавлення заготовки в пневматичному трикулачковому патроні (не впливає на точність оброблюваної поверхні);

$\varepsilon_3 = 370$ мкм – похибка закріплення заготовки в пневматичному трикулачковому патроні (радіальний напрямок) [4].

Похибка устанавлення заготовки $\varepsilon_{у чист}$ при чистовому точінні становить

					ТМЗ 19320704–00 ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат		

$$\varepsilon_{\text{чист}} = 0,05 \cdot \varepsilon_{\text{чорн}} = 0,05 \cdot 370 = 19 \text{ мкм.}$$

Тонке точіння виконується після чистового точінням без переустановлення заготовки і тому $\varepsilon_{\text{у тонк}} = 0$ [4].

Припуски та граничні розміри розраховані за програмою «prip.ver.7.1» на ЕОМ (див. додаток Б). Схема розташування припусків і допусків для обробки поверхні $\varnothing 160g6$ мм наведена на рисунку 6.1.

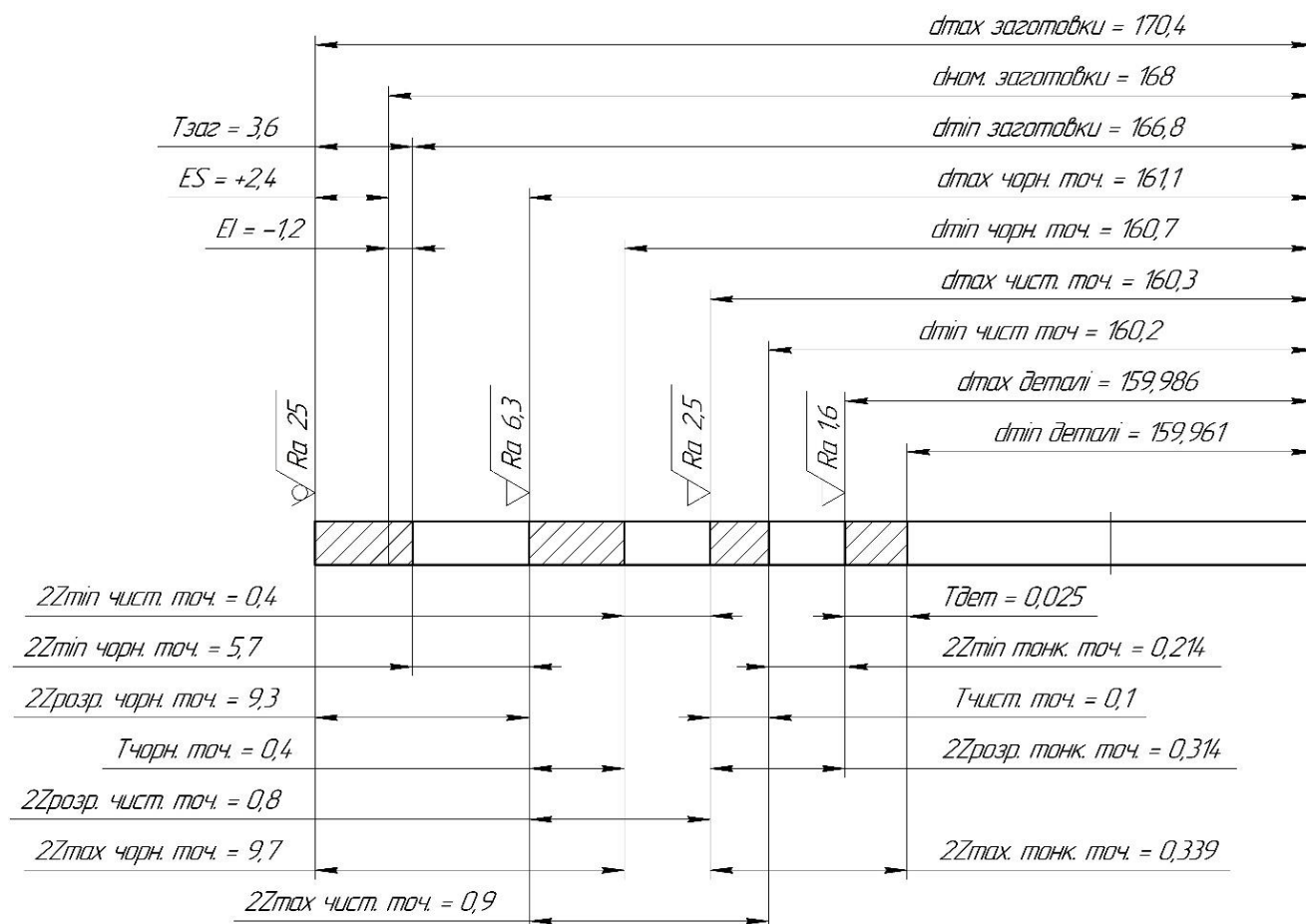


Рисунок 6.1 – Схема розташування припусків і допусків на обробку поверхні $\varnothing 160g6(-0,014; -0,039)$ мм

6.2 Аналіз та обґрунтування схем базування і закріплення заготовки

Операція 15 «Токарна з ЧПК». Операція виконується на токарно-гвинторізному верстаті моделі Star Chip 450. Для установлення заготовки на операції застосовується пневматичний токарний патрон, яким комплектується верстат. На рисунку 6.2 наведена схема базування заготовки на установках А та Б.

					ТМЗ 19320704–00 ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат		

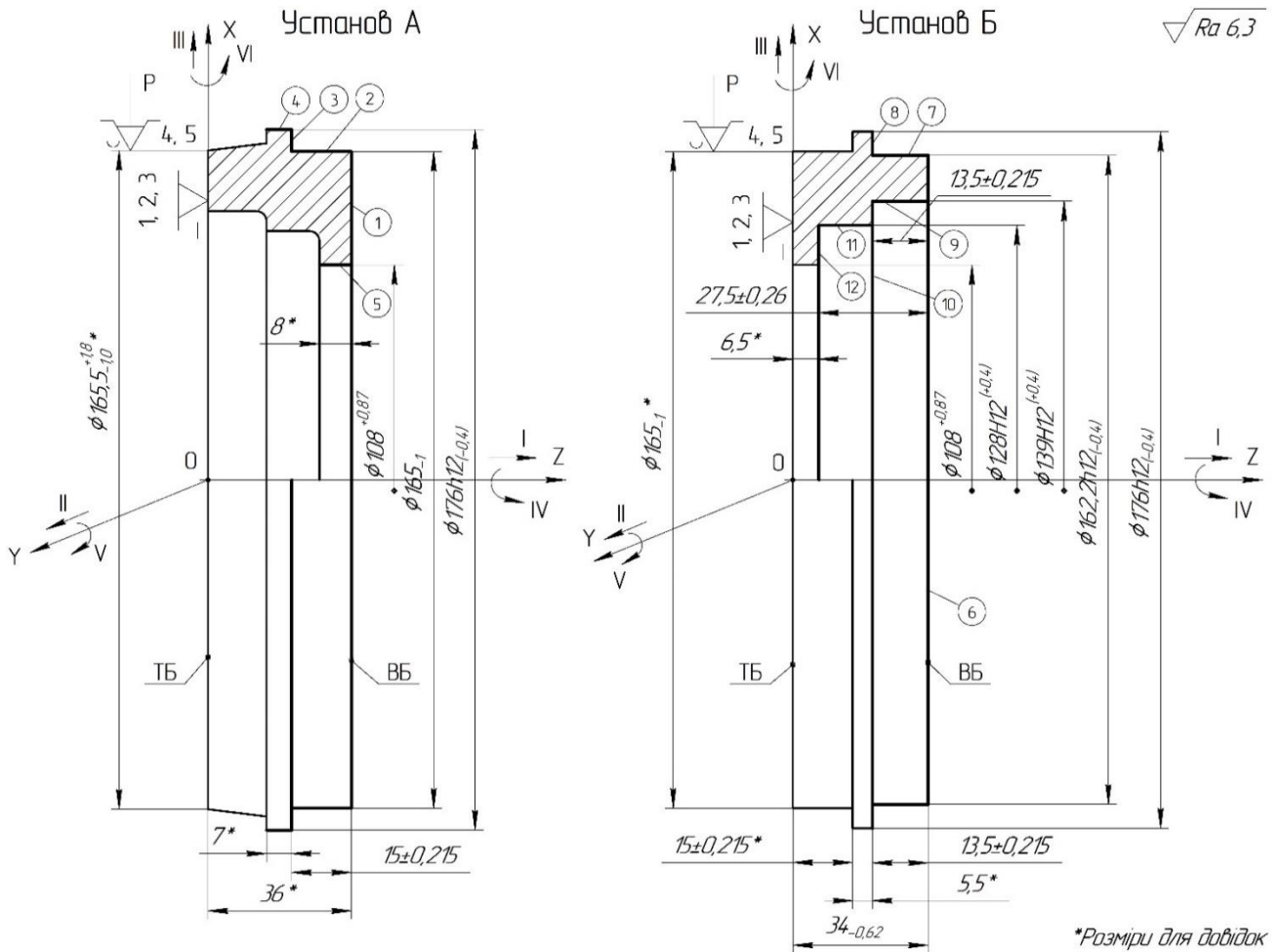


Рисунок 6.2 – Схема установки заготовки на операції 015. Установи А і Б

На установі А точаться базові поверхні – торець 1 та циліндрична поверхня 2. Заготовка установлюється на необроблений торець $\varnothing 165,5/\varnothing 135$ і циліндричну поверхню $\varnothing 165,5$ мм. У обраній системі координат торець є установчою базою (УБ) і позбавляє заготовку трьох ступенів свободи. Циліндрична поверхня $\varnothing 165,5$ мм є подвійно-опорною базою (ПОБ) і позбавляє заготовку двох ступенів свободи. Позбавляти заготовку шостої ступені свободи не потрібно, тому що вона не впливає на точність розмірів поверхонь, які виконуються на операції. Ступені позбавлення свободи заготовки і матриця зв'язків наведені відповідно в таблицях 6.1 і 6.2.

Таблиця 6.1 – Ступені позбавлення свободи

Зв'язок	Ступінь свободи	Найменування бази. Характер прояву
1, 2, 3	I, V, VI	УБ, явна
4, 5	III, IV	ПОБ, явна
6	–	Вакансія

Таблиця 6.2 – Матриця зв'язків

X, Y, Z / 1, α	X	Y	Z	Найменування бази
1	0	0	1	УБ
α	1	1	0	
1	1	1	0	ПОБ
α	0	0	0	
1	0	0	0	–
α	0	0	0	
Всього	2	2	1	5-ь зв'язків

За наведеною схемою базування заготовки допуск розміру $15 \pm 0,215$ мм витримується, тому що обробка виконується на верстаті з ЧПК і при налагодженні різця відбувається суміщення технологічної (ТБ) та вимірювальної (ВБ) баз. Похибка базування в напрямку витримуюемого розміру дорівнює нулю.

На установі Б (див. рис. 6.2) заготовка установлюється на базові поверхні 1 та 2, які оброблені на установі А. Схема базування на установі Б аналогічна схемі, наведеної на установі А (див. табл. 6.1 та 6.2). На установі Б оброблюються поверхні 6, ..., 12. Точність діаметральних розмірів поверхонь 7, 9, 11 витримуються на операції. Точність виконання лінійних розмірів $13,5 \pm 0,215$ мм та $27,5 \pm 0,26$ мм залежить від допуску розміру $34(0; -0,62)$ мм, який пов'язує ТБ із ВБ. Допуски наведених лінійних розмірів становлять відповідно 0,43 мм і 0,52 мм і є меншими ніж допуск розміру $34(0; -0,62)$ мм. Виникає похибка базування із-за не суміщення ТБ і ВБ, яка дорівнює 0,62 мм. Для її виключення треба сумістити ТБ і ВБ. Тоді точність лінійних розмірів буде залежати від точності налагодження різця на розмір, яка для верстатів з ЧПК становить 0,001 мм.

Таким чином, запропонована схема базування на операції 015 забезпечить точність всіх розмірів заготовки і її можна реалізувати для виконання технічних вимог креслення деталі.

Операція 015 «Свердлильна з ЧПК». Операція виконується на вертикально-свердлильному верстаті з ЧПК моделі KST 16V. Заготовка установлюється в

					ТМЗ 19320704–00 ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат		

спеціально розроблений верстатний пристрій (дивись розділ 7 пояснювальної записки). На рисунку 6.3 наведена схема базування заготовки на операції.

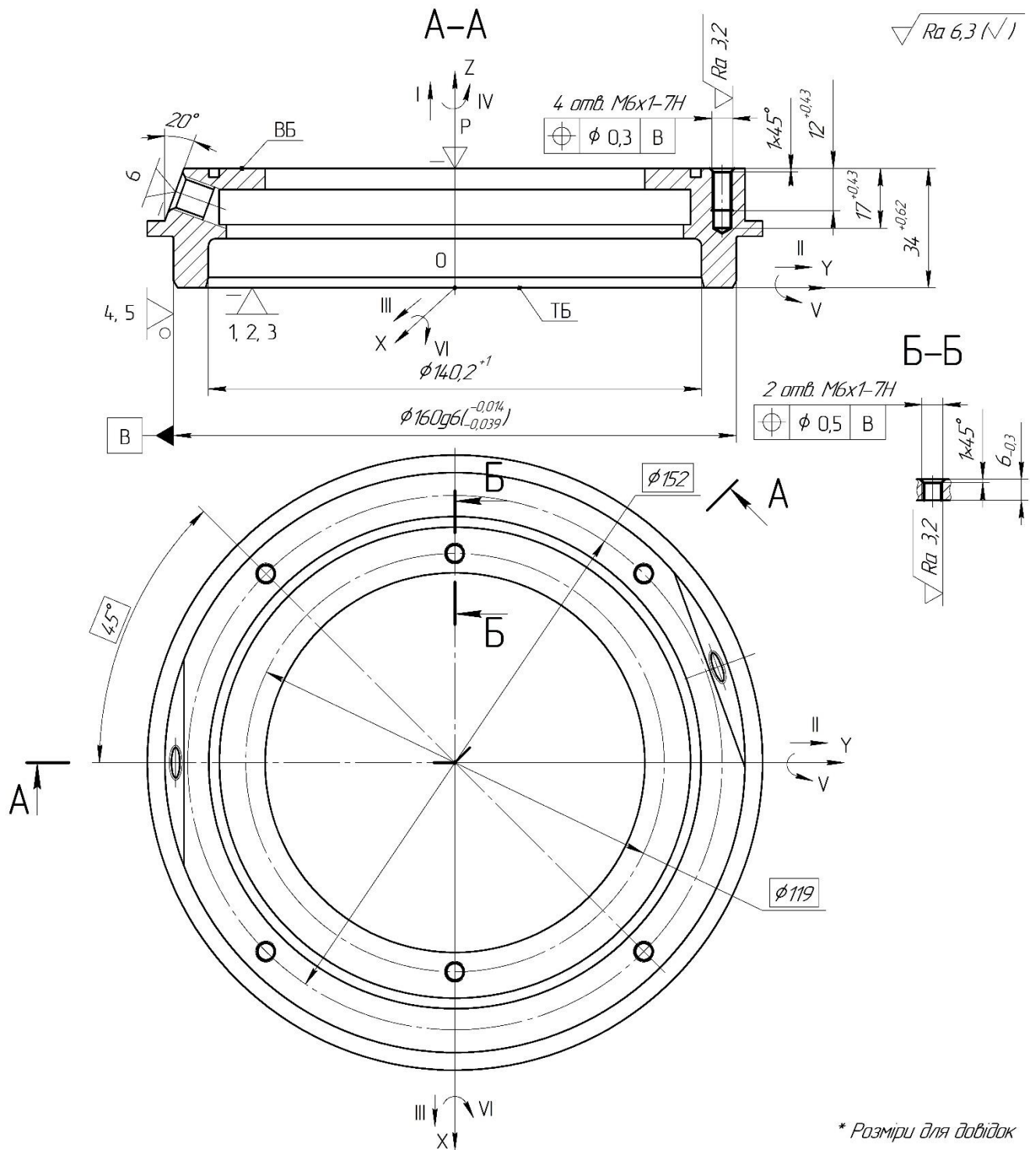


Рисунок 6.3 – Схема установки заготовки на операції 035

Заготовка установлюється торцем $\phi 160g6/\phi 140,2$ на внутрішню поверхню корпусу пристрою і позбавляється трьох ступенів свободи (УБ). Двох ступенів свободи (ПОБ) позбавляє циліндрична поверхня $\phi 160g6$. Шоста ступінь свободи

									Арк.
									28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат	ТМЗ 19320704–00 ПЗ				

(ОБ) заготовка позбавляється упором, який контактує з однією із двох плоских поверхонь, нахилених під кутом 20° до поверхні торця $\varnothing 160g6/\varnothing 140,2$. В цих поверхнях просвердлені отвори і нарізана різьба $M10 \times 1,5-7H$ «на прохід». Ступені позбавлення свободи заготовки та матриця зв'язків наведені в таблицях 6.3 і 6.4.

Таблиця 6.3 – Ступені позбавлення свободи

Зв'язок	Ступінь свободи	Найменування бази. Характер прояву
1, 2, 3	I, V, VI	УБ, явна
4, 5	II, III	ПОБ, явна
6	IV	ОБ, явна

Таблиця 6.4 – Матриця зв'язків

X, Y, Z / 1, α	X	Y	Z	Найменування бази
1	0	0	1	УБ
α	1	1	0	
1	1	1	0	ПОБ
α	0	0	0	
1	0	0	0	ОБ
α	0	0	1	
Всього	2	2	2	6-ь зв'язків

На операції виконується обробка шести отворів з різьбою $M6 \times 1-7H$. Два отвори виконані із нарізанням різьби на «прохід», а чотири отвори – «глухих».

Два отвори $M6 \times 1-7H$ з довжиною різьби 6 мм розташовані під кутом 90° на осі ділильного кола $\varnothing 119$ мм з допуском 0,5 мм. Їх обробка виконується свердлом і двома мітчиками на «прохід». Зазначені технічні вимоги різьбових отворів на операції витримуються діаметрами свердла і мітчиків, а розташування отворів – кінематичною точністю верстата (0,01 мм).

При свердлінні чотирьох «глухих» отворів $M6 \times 1-7H$ довжиною $17(+0,43; 0)$ мм похибка базування дорівнює допуску 0,62 мм розміру $34h14(0; -0,62)$ мм, який з'єднує ТБ і ВБ. Допуск довжини отворів дорівнює 0,43 мм і є меншим ніж похибка базування 0,62 мм, тому він не може бути витриманий на операції. Але налагодження свердла на розмір $17(+0,43; 0)$ мм виконується від ВБ, тому що обробка отворів відбувається на верстаті з ЧПК і бази ВБ і ТБ можна сумістити.

					ТМЗ 19320704–00 ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат		

Також за наведеною схемою налагодження оброблюється довжина різьби 12 мм і тому наведені довжини на операції будуть витримані. Допуск діаметрів отворів під різьбу Ø5 мм і різьби М6х1-7Н витримуються мірним різальним інструментом, відповідно свердлом і мітчиками (чорновим і чистовим).

Технічна вимога, за якою залежні допуски 0,3 мм та 0,5 мм, які розташовані на ділільних колах Ø152 мм та Ø119 мм відносно базової поверхні В, будуть витримані. Це пояснюється тим, що на верстаті з ЧПК точність розташування пристрою з заготовкою (її вісь) відносно осі шпинделю верстата, забезпечується налагодженням з похибкою 0,01 мм.

Таким чином, похибка базування за наведеною схемою не впливає на точність розмірів різьбових отворів. Запропоновану схему базування і закріплення заготовки можна прийняти для обробки шести різьбових отворів на операції 035 «Свердлильна з ЧПК» і виконати наведені технічні вимоги креслення.

6.3 Обґрунтування вибору металорізальних верстатів

Операція 015 «Токарна з ЧПК». В існуючому технологічному процесі на токарних операціях застосовується токарний верстат з ЧПК моделі 16К20Ф3. Зазначена модель верстата є застарілою і не виготовляється підприємствами верстатобудування. Для обробки поверхонь заготовки методом точіння у дрібносерійному виробництві за рекомендаціями довідника [6] рекомендується застосовувати сучасні патронні верстати з ЧПК фірми Star Chip. За даними довідника вибираємо токарно-гвинторізний верстат з ЧПК Star Chip 450. Технічна характеристика верстата наведена в таблиці 6.5.

					ТМЗ 19320704–00 ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат		

Таблиця 6.5 – Технічна характеристика верстата з ЧПК моделі Star Chip 450

Найменування параметрів	Чисельне значення
1	2
Керування	Fanuc Oi-Mate
Найбільший діаметр точіння, мм:	
- над станиною	450
- над супортом	200
Найбільший діаметр деталі, мм	280
Найбільша довжина деталі, мм	500
Частота обертів шпинделю (б/с), об/хв	45 – 4000
Подача (б/с), мм/об	
- повздовжня	0,01 – 2,8
- поперечна	0,005 – 1,4
Тип головного двигуна	Fanuc B12/7000i
Потужність двигуна шпинделя, кВт	11
Кріплення шпинделя	A 2–5
Шпиндельний отвір, мм	Ø35
Отвір патрона, мм	Ø50
3-и кулачковий гідравлічний патрон	8" (210 мм)
Максимальний момент обертання шпинделя, Нм	124
Довжина ходу, мм:	
- вісь X	170
- вісь Z	500
Прискорений рух, м/хв	20
Кількість інструментальних місць	8
Хвостовик інструмента, мм	25 x 25
Габарити (Д x Ш x В), мм	3625 x 1700 x 1700
Маса, кг	5000

Операція 035 «Свердлильна з ЧПК». В існуючому технологічному процесі на свердлильній операції застосовується застарілий верстат моделі 2Н118. Пропонується на операції застосувати верстат з ЧПК моделі KST 16V зі ступінчастим регулюванням частоти обертання шпинделя і автоматичним пристроєм для нарізання різьби. На верстаті виконуються свердління, зенкування, розгортання, нарізання різьби з великою точністю.

Стисла технічна характеристика свердлильного верстата з ЧПК моделі KST 16V наведена в таблиці 6.6.

					ТМЗ 19320704–00 ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат		

Таблиця 6.6 – Технічна характеристика верстата моделі KST 16V

Найменування параметрів	Чисельні значення
1	2
Максимальний діаметр свердління, мм	16
Робоча поверхня стола, мм	425 x 425
Діаметр колони, мм	85
Висота пінолі, мм	100
Виліт, мм	180
Максимальна відстань: Шпиндель – стіл, мм	425
Шпиндель – підвалина, мм	610
Кількість Т-шліців (2), мм	14H8 x 95
Затискна площа стола, мм	280 x 310
Технологічний хід пінолі, мм	180
Частота обертів шпинделя, об/хв	290; 580; 820; 1160; 1640; 2000
Автоматична подача шпинделя, мм/об	0,1; 0,14; 0,17; 0,25
Автоматична подача стола (8), мм/хв	24; 48; 96; 152; 242; 384; 607; 720
Потужність двигуна, кВт	0,75
Висота верстата, мм	1050
Маса, кг	108

6.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів

Операція 015 «Токарна з ЧПК». Заготовка установлюється в трикулачковий пневматичний токарний патрон 7100-0061 ГОСТ 2675-80.

Різальний інструмент. Для точіння зовнішніх поверхонь заготовки застосовується контурний різець 2101-0601 Т5К10 ГОСТ 20871-80. Для розточування внутрішніх отворів застосовується розточувальний різець 2145-0551 Т5К10 ГОСТ 20874-75.

Вимірювальний інструмент. Вимірювання діаметральних і лінійних розмірів заготовки виконується штангенциркулем ШЦ-I-250-0,05 ГОСТ 166-89. Шорсткість поверхонь вимірюється зразками шорсткості згідно ГОСТ 9378-75.

Операція 035. «Свердлильна з ЧПК». Базування і закріплення заготовки для свердління шести отворів з різьбою М6х1-7Н виконується у спеціально розробленому верстатному пристрою (дивись розділ 7 пояснювальної записки).

					ТМЗ 19320704-00 ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат		

Різальний інструмент. Для свердління отворів під різьбу М6х1,0–7Н приймається свердло Ø5,0 мм з циліндричним хвостовиком [7, 8]. Матеріал свердла – швидкорізальна сталь марки Р6М5. Умовне позначення інструмента: свердло 2300–0676 Р6М5 ГОСТ 4010–77.

Для обробки фасок застосовується конічна зенківка з конічним хвостовиком діаметром 16 мм. Умовне позначення: зенківка 2353-0133 Р6М5 ГОСТ 14953-80 [7, 8].

Для нарізання різьби М6х1,0–7Н приймаються два машинних мітчика (чорновий і чистовий). Умовне позначення: мітчик 2620-1125 Н2 Р6М5 ГОСТ 3266-81.

Вимірювальний інструмент. Контроль різьбових отворів виконується калібр-пробкою метричної різьби ПР/НЕ М6х1,0–7Н ГОСТ 17756-72. Кутове розташування отворів виконується шаблонами (45°±30') та (90°±30'). Розміри між осями отворів вимірюються штангенциркулем ШЦ–II–250–0,1 ГОСТ 166–89. Шорсткість вимірюється зразками шорсткості ГОСТ 9378–75.

6.5 Розрахунок режимів різання

Операція 015 «Токарна з ЧПК». Режими різання розраховуються переходу на якому точиться Ø165,5(+2,4; -1,2) мм до Ø162,2h12(0; -0,4) мм. Довжина обробки – 14±0,215 мм. Шорсткість поверхні – R_a = 6,3 мкм.

Вихідні дані: різець 2101-0601 Т5К10 ГОСТ 20971-80; матеріал заготовки – сталь 12Х18Н10Т ГОСТ 5949-75, маса – 3,3 кг. Геометрія різальної пластини різця: φ = 95°, φ₁ = 10°, γ = 10°, λ = 0°, r = 1,0 мм, розміри державки різця – 20×20 мм.

1. Глибина різання $t = (165,5 - 162,2) / 2 = 1,65$ мм.

2. Подача (повздожня) інструмента $S = (0,8 - 1,3)$ мм/об [6, 7].
Приймаємо $S = 0,8$ мм/об.

3. Швидкість різання визначається за формулою:

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

					ТМЗ 19320704–00 ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат		

де $C_v = 340$ – коефіцієнт, який враховує умови обробки [7];

$T = (30 - 60)$ хв – період стійкості різця [7]. Приймається $T = 60$ хв;

$m = 0,2$; $x = 0,15$; $y = 0,45$ [7];

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv} = 1 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,8,$$

де $K_{mv} = 1,0$ – коефіцієнт, який враховує вплив оброблювального матеріалу.

Для сталі марки 12Х18Н10Т визначається за таблицею 3 [7];

$K_{pv} = (0,8 - 0,85)$ – коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготовки.

Приймається $K_{pv} = 0,8$ [7];

$K_{iv} = 1,0$ – коефіцієнт, який враховує вплив матеріалу інструмента (ВК 4).

$$V = \frac{340 \cdot 0,8}{60^{0,2} \cdot 1,65^{0,15} \cdot 0,8^{0,45}} = 123,1 \text{ м/хв.}$$

4. Частота обертання шпинделя верстата визначається за формулою:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 123,1}{3,14 \cdot 165,5} = 237 \text{ об/хв.}$$

Згідно паспорту верстата приймаємо $n_{\pi} = 250$ об/хв. Тоді фактична швидкість різання становить

$$V_{\phi} = \frac{\pi D n_{\pi}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 100 \cdot 250}{1000} = 130 \text{ м/хв.}$$

5. Сила різання визначається за формулою:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p,$$

де $C_p = 204$; $x = 1,0$; $y = 0,75$; $n = 0$ [7].

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p},$$

де K_{mp} – коефіцієнт, який враховує міцність оброблювального матеріалу;

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{510}{750} \right)^{0,75} = 0,75,$$

$n = 0,75$ [7];

$K_{\phi p} = 0,89$ – коефіцієнт, який враховує вплив головного кута в плані;

$K_{\gamma p} = 1,1$ – коефіцієнт, який враховує вплив переднього кута різця;

$K_{\lambda p} = 1,0$ – коефіцієнт, який враховує вплив кута нахилу головної різальної кромки різця.

					ТМЗ 19320704–00 ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат		

$$K_p = 0,75 \cdot 0,89 \cdot 1,1 \cdot 1,0 = 0,74.$$

$$P_z = 10 \cdot 204 \cdot 1,65^{1,0} \cdot 0,8^{0,75} \cdot 130^0 \cdot 0,74 = 2108 \text{ Н.}$$

6. Потужність різання визначається за формулою [4]:

$$N_p = \frac{P_z \cdot V_\phi}{1020 \cdot 60} = \frac{2108 \cdot 130}{1020 \cdot 60} = 4,5 \text{ кВт.}$$

$$N_{\text{ст}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 11 \cdot 0,8 = 8,8 \text{ кВт} > N_p = 4,5 \text{ кВт.}$$

Таким чином, розрахований режим різання реалізується.

7. Визначимо машинний (основний) час обробки на виконуемому переході:

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(14 + 1,5 + 0) \cdot 1}{0,8 \cdot 250} = 0,08 \text{ хв,}$$

де $L = (L_0 + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}})$ – розрахована довжина обробки; $L_0 = 14$ мм – довжина оброблювальної поверхні заготовки; $l_{\text{вр}} = 1,5$ мм – величина врізання інструмента; $l_{\text{пер}} = 0$ – величина перебігу інструмента; $i = 1$ – кількість ходів інструмента.

Режими різання за іншими переходами наведені в таблиці 6.7.

Таблиця 6.7 – Режими різання на операції 015 «Токарна з ЧПК»

Установ, номер оброблювальної поверхні	Різальний інструмент	D, мм	L, мм	t, мм	i	S, мм/об	n, об/хв	V, м/хв	T ₀ , хв	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Установ А	1	Різець 2101-0601 Т5К10 ГОСТ 20871-80	170,5/103	37	2,0	1	0,8	250	133,8/81	0,19
	2		170,5	15	2,75	1	0,8	250	133,8	0,08
	3		180,5/165	9	2,0	1	0,5	250	141,7/129,5	0,05
	4	PI 1	180,5	9	2,25	1	0,8	250	141,7	0,07
	5	PI 2	108	11	2,5	1	0,5	275	93,3	0,08
Установ Б	6	PI 1	165,5/135	17	2,0	1	0,8	250	130/106	0,09
	7		160,5	15,5	1,65	1	0,8	250	130	0,08
	8		176/162,2	8,5	1,5	1	0,8	250	138,2/127,3	0,05
	9	Різець 2145-0551 Т5К10 ГОСТ 20874-75	139	15	2,0	1	0,5	250	109,1	0,12
	10		128/139	7	0,5	1	0,5	250	100,5/109,1	0,06
	11		128	15,5	1,5	1	0,5	250	100,5	0,13
	12		PI 2	108/128	11,5	0,5	1	0,5	250	84,8/100,5
Всього									1,09	

					ТМЗ 19320704–00 ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат		

Операція 035 «Свердлильна з ЧПК». Верстат моделі KST 16V. Потужність верстата $N = 0,75$ кВт. На операції спочатку свердляться і нарізається різьба в чотирьох «глухих» отворах $M6 \times 1-7H$, шорсткість поверхні різьби $R_a = 3,2$ мкм.

На першому переході свердлиться отвір під різьбу $M6$ діаметром $D = 5,0$ мм. Різальний інструмент: свердло діаметром 5,0 мм, матеріал свердла P6M5.

1. Глибина різання $t = 0,5 \cdot D = 0,5 \cdot 5,0 = 2,5$ мм.

2. Подача $S = (0,1 - 0,15)$ мм/об [6, 7]. Приймаємо $S = 0,15$ мм/об.

Подачу S корегуємо на коефіцієнт $K_\phi = 0,5$ та коефіцієнт $K_{ls} = 0,9$ [6].

$$S_0 = S \cdot K_\phi \cdot K_{ls} = 0,15 \cdot 0,5 \cdot 0,9 = 0,0675 \text{ мм/об.}$$

Приймаємо за паспортом верстата $S_0 = 0,1$ мм/об.

3. Визначаємо швидкість різання V , м/хв:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q \cdot K_v}{T^m \cdot S_0^y} = \frac{3,5 \cdot 5,0^{0,5} \cdot 0,255}{6^{0,12} \cdot 0,1^{0,45}} = 4,54 \text{ м/хв,}$$

де $C_v = 3,5$; $q = 0,5$; $y = 0,45$; $m = 0,12$ [6];

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IV} = 1 \cdot 0,3 \cdot 0,85 = 0,255,$$

де $K_{IV} = 0,85$ [6, т. 31, с. 280]; $K_{IV} = 0,3$ [6, т. 6, с. 263];

$K_{MV} = 1,0$ [6]; $T = 6$ хв – стійкість свердла [6].

4. Визначимо частоту обертання свердла n , об/хв.

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 4,54}{3,14 \cdot 5,0} = 289,2 \text{ об/хв.}$$

За паспортом верстата приймаємо $n_\pi = 290$ об/хв. Тоді

$$V_\phi = \frac{\pi D n_\pi}{1000} = \frac{3,14 \cdot 5,0 \cdot 290}{1000} = 4,6 \text{ м/хв.}$$

5. Визначимо крутний момент на шпинделі $M_{кр.}(H \cdot м)$ і осьову силу $P_o(H)$:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S_0^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,041 \cdot 5,0^2 \cdot 0,1^{0,7} \cdot 0,75 = 1,54 \text{ Н} \cdot м;$$

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S_0^y \cdot K_p = 10 \cdot 143 \cdot 5,0^1 \cdot 0,1^{0,7} \cdot 0,75 = 1073 \text{ Н,}$$

де $C_m = 0,041$; $q = 2,0$; $y = 0,7$; $C_p = 143$; $q = 1,0$; $y = 0,7$ [6];

$$K_p = K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{510}{750} \right)^{0,75} = 0,75,$$

де $n = 0,75$ [6].

									Арк.
									36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат					

6. Визначимо потужність різання N_e , кВт.

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n_{п}}{9750} = \frac{1,54 \cdot 290}{9750} = 0,05 \text{ кВт.}$$

$$N = 0,75 \cdot 0,8 = 0,6 \text{ кВт} > N_e = 0,05 \text{ кВт.}$$

7. Визначимо основний (машинний) час T_{01} , (хв) свердління за формулою:

$$T_{01} = \frac{L_p \cdot i \cdot m}{S_0 \cdot n_{п}} = \frac{18,5 \cdot 1 \cdot 4}{0,1 \cdot 290} = 2,55 \text{ хв,}$$

де $L_p = l_0 + l_{вр} + l_{пер} = 17 + 1,5 + 0 = 18,5$ мм – розрахункова довжина обробки одного «глухого» отвору; $i = 1$ – кількість ходів інструмента; $m = 4$ – кількість оброблювальних отворів.

На другому переході оброблюються два різбових отвори М6х1,0-7Н «на прохід». Режими різання відповідають режимам різання при свердлінні «глухих» отворів але основний (машинний) час становить

$$T_{02} = \frac{L_p \cdot i \cdot m}{S_0 \cdot n_{п}} = \frac{11 \cdot 1 \cdot 2}{0,1 \cdot 290} = 0,76 \text{ хв,}$$

де $L_p = l_0 + l_{вр} + l_{пер} = 6 + 1,5 + 3,5 = 11$ мм – розрахункова довжина обробки одного отвору «на прохід»; $i = 1$ – кількість ходів інструмента; $m = 2$ – кількість оброблювальних отворів.

Основний (машинний) сумарний час свердління «глухих» отворів та «на прохід» становить $T_0 = T_{01} + T_{02} = 2,55 + 0,76 = 3,31$ хв.

Режими різання операції 035 «Свердлильна з ЧПК» наведені в таблиці 6.8.

Таблиця 6.8 – Режими різання на операції 035

Різальний інструмент, матеріал	t, мм	i	S ₀ , мм/об	n, об/хв	V, м/хв	M _{кр} , Н·м	N _e , кВт	T ₀ , хв
Свердло Ø5,0; P6M5	2,5	1	0,1	290	4,6	1,54	0,05	3,31
Зенківка Ø16; P6M5	1,0	1	0,1	580	29,1	2,0	0,12	0,26
Мітчик М6х1,0; P6M5	0,45	1	1,0	290	5,47	2,5	0,08	0,38
Мітчик М6х1,0-7Н; P6M5	0,2	1	1,0	290	5,47			0,31
Всього								4,26

6.6 Технічне нормування операцій

Штучно-калькуляційний час $T_{ш-к}$ обробки заготовок на операціях 015 «Токарна з ЧПК» та 035 «Свердлильна з ЧПК» в умовах дрібносерійного типу виробництва визначається за формулою [8]:

$$T_{ш-к} = \frac{T_{п-з}}{N_{п}} + T_{о} + T_{д} + T_{об} + T_{пер},$$

де $T_{п-з}$ – підготовчо-завершальний час, хв;

$N_{п} = 117$ шт – кількість деталей в партії запуску;

$T_{о}$ – основний (машинний) час операції;

$T_{д}$ – допоміжний час операції;

$T_{обс}$ – час обслуговування робочого місця;

$T_{пер}$ – час перерви на відпочинок та особисті потреби працюючого.

Операція 015 «Токарна з ЧПК». Підготовчо-завершальний час для виконання операції складається із: отримання інструмента і пристроїв до початку і віддача їх після обробки заготовок – 10 хв; налагодження верстата, інструментів і пристроїв – 12 хв; установлення (базування і закріплення) заготовки в трикулачковому токарному пневматичному патроні – 7 хв; $T_{п-з} = 10 + 12 + 7 = 29$ хв.

Основний (машинний) час операції $T_{о} = 1,09$ хв.

Допоміжний час операції $T_{д} = 0,39$ хв.

Час обслуговування робочого місця і перерви на відпочинок та особисті потреби працюючого визначається в процентах (5%) від оперативного часу $T_{оп}$

$$T_{обс} + T_{від} = T_{оп} \cdot \frac{5\%}{100\%} = (1,09 + 0,39) \cdot 0,05 = 0,074 \text{ хв.}$$

Штучний час операції

$$T_{шт} = 1,09 + 0,39 + 0,074 = 1,6 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час операції

$$T_{ш-к} = 1,6 + \frac{29}{117} = 1,9 \text{ хв.}$$

					ТМЗ 19320704–00 ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат		

7 ПРОЄКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ

Обґрунтування мети технологічної операції і завдання для проєктування.

Свердління отворів виконується на операції 035 «Свердлильна з ЧПК». Операція комплектується свердлильним верстатом з ЧПК моделі KST 16V, з розмірами робочого стола 425 x 425 мм, двома пазами 14H8 мм, відстанню між пазами – 95 мм.

Несприятливий режим різання виконується при нарізанні різьби M6x1,0–7H в отворі Ø5,0 мм: $t = 0,45$ мм; $S_o = 1,0$ мм/об; $V = 5,47$ м/хв; $n = 290$ об/хв; $M_{кр} = 2,0$ Н·м; $N = 0,08$ кВт.

При свердлінні отвору Ø5 мм виникає осьова сила, яка має напрям уздовж осі отвору $P_0 = 1073$ Н (див. табл. 6.8).

На операції точність розмірів, форма, шорсткість поверхонь отворів Ø5,0H12 і M6x1,0–7H забезпечиться параметрами «мірних» різальних інструментів: свердлом Ø5,0H12 і двома мітчиками M6x1,0–7H. (чорновим і чистовим). Точність розташування всіх оброблювальних отворів забезпечиться кінематичною точністю верстата. Точність взаємного розташування оброблювальних поверхонь із поверхнями оброблених на попередніх операціях, залежить від призначених технологічних баз, їх форми і шорсткості поверхні. На точність впливає вектор і скалярна величина сили закріплення.

Торцева поверхня розміром Ø160g6/Ø140,2 мм – базова кільцева поверхня важеля з шорсткістю $R_a = 6,3$ мкм. Допуск форми торцевої поверхні характеризується відхиленням від площинності і на кресленні не зазначений, тому його встановлюємо залежно від допуску на розмір 34h14(0; -0,62) мм. Допуск форми кільцевої поверхні дорівнює 372 мкм (за 14-м квалітетом згідно ГОСТ 24643-81).

Форма циліндричної поверхні заготовки Ø160g6(-0,014; -0,039) мм характеризується відхиленням від циліндричності. Шорсткість поверхні за критерієм $R_a = 1,6$ мкм. Величина допуску відхилення від циліндричності поверхні дорівнює 10 мкм.

					ТМЗ 19320704–00 ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат		

Плоска поверхня, яка розташована під кутом 20° на поверхні $\varnothing 165$ мм, має шорсткість $R_a = 6,3$ мкм, допуск форми цієї поверхні дорівнює 600 мкм.

Аналіз вихідної інформації виявив основні фактори, які впливають на точність параметрів оброблюваних різьбових отворів. Це осьова сила $P_0 = 1073$ Н і крутний момент $M_{кр} = 2,0$ Н·м, що виникають при обробки різьбових отворів і їх треба компенсувати силами закріплення, які реалізуються роботою верстатного пристрою.

Метою операції є забезпечення технічних вимог креслення, які треба реалізувати в конструкції пристрою, застосувавши схеми базування і закріплення заготовки, та запропонувати механізований привод, що забезпечує потрібну силу закріплення заготовки.

При проектуванні конструкції пристрою треба забезпечити:

- 1) швидке і надійне базування та закріплення заготовки;
- 2) вільний і зручний доступ різального інструмента до оброблювальних поверхонь заготовки;
- 3) постійну за величиною та напрямком величину сили закріплення заготовки впродовж всього часу виконання операції.

Розроблення схем базування та закріплення заготовки в пристрої.

Схема базування і закріплення заготовки наведена на рисунку 7.1.

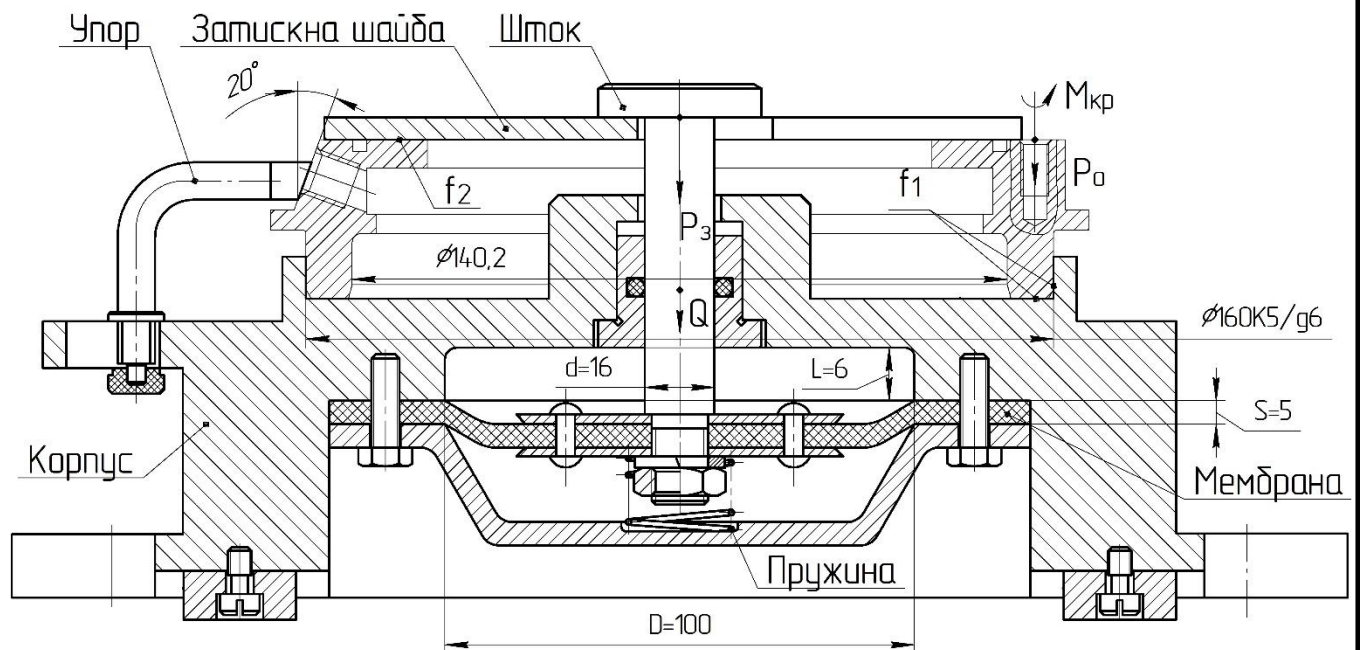


Рисунок 7.1 – Схема для розрахунку сили закріплення

									Арк.
									41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат	ТМЗ 19320704–00 ПЗ				

Заготовка установлюється поверхнею торця $\varnothing 160g6/\varnothing 140,2$ мм на площину пристрою (УБ), зовнішньою циліндричною поверхнею $\varnothing 160g6$ мм в отвір $\varnothing 160K5$ (ПОБ). Плоска поверхня, яка розташована під кутом 20° , з'єднується з упором (ОБ). Таким чином, заготовка позбавлена шести степенів вільності (див. табл. 6.3 і 6.4).

Розглянемо дію сил різання і закріплення при обробки заготовки на операції. Спочатку виконується свердління отворів діаметром $5,0H12$ мм, потім зенкування фасок $1 \times 45^\circ$ і нарізання різьби $M6 \times 1,0-7H$ (див. рис. 7.1). При свердлінні отворів діаметром $5,0H12$ мм на заготовку діють крутний момент $M_{кр}$, осьова сила P_0 , сила ваги заготовки Q і сили тертя, які позначені коефіцієнтами тертя f_1 і f_2 . Аналогічні сили виникають при нарізання різьби $M6 \times 1,0-7H$. Коефіцієнт f_1 виникає при контакті нижньої поверхні торця заготовки розміром $\varnothing 160g6/\varnothing 140,2$ мм заготовки із поверхнею пристрою (УБ). Коефіцієнт f_2 виникає при контакті верхньої поверхні торця заготовки $\varnothing 165/\varnothing 108$ мм з поверхнею затискної шайби. Зі сторони затискної шайби на заготовку діє сила закріплення P_3 . Напрямок дії сил Q , P_0 співпадають із напрямом сили P_3 . При розрахунку елементів пристрою чисельні значення сил Q і P_0 не враховуються. Крутний момент $M_{кр}$ має змістити заготовку в площині поверхні стола пристрою. Зміщення заготовки треба компенсувати силами тертя, які на рисунку 7.1 позначені коефіцієнтами f_1 і f_2 . Величини сил тертя залежать від тиску повітря p_0 (МПа) в пневматичній системі та діаметру мембрани D пневматичного привода.

Сила закріплення P_3 визначається за формулою:

$$P_3 = \frac{2KM_{кр}}{D_{ср} \cdot (f_1 + f_2)} = \frac{2 \cdot 4,1 \cdot 2,0}{0,15 \cdot (0,16 + 0,16)} = 342 \text{ Н,}$$

де $M_{кр} = 2,0$ Н·м – крутний момент, який діє при різанні різьби;

$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1,15 = 4,1$ – коефіцієнт запасу;

$K_0 = 1,5$; $K_1 = 1,2$; $K_2 = 1,15$; $K_3 = 1,0$; $K_4 = 1,3$; $K_5 = 1,0$; $K_6 = 1,5$ – коефіцієнти, величини яких наведені в джерелі [9];

$D_{ср} = (0,16 + 0,14)/2 = 0,15$ м – середній діаметр нижньої поверхні торця заготовки, яка контактує зі столом пристрою;

					ТМЗ 19320704–00 ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат		

$f_1 = f_2 = 0,16$ – коефіцієнти тертя в місцях контакту «заготовка-пристрій» і «заготовка-затискач» (поверхні заготовки оброблені) [9].

Визначаємо діаметр діафрагми D [9] за формулою:

$$D = \frac{1}{1,7} \sqrt{\frac{W}{0,196 \cdot p}} = \frac{1}{1,7} \sqrt{\frac{542}{0,196 \cdot 0,4}} \cong 49 \text{ мм},$$

де $W = P_3 + P_n = 342 + 200 = 542 \text{ Н}$ – сила мембранного пневматичного приводу;

P_n – зусилля пружини; $P_n = 200 \text{ Н}$;

$p = 0,4 \text{ МПа}$ – тиск стислого повітря.

Приймаємо $D = 100 \text{ мм}$ (із розмірного ряду діаметрів), тоді сила $W = 2266 \text{ Н}$.

Приймаємо діаметр штоку $d = 16 \text{ мм}$.

Визначаємо товщину діафрагми S [14, с. 114] за формулою:

$$S = \frac{D}{4} \sqrt{\frac{3p}{\sigma_{max}}} = \frac{100}{4} \sqrt{\frac{3 \cdot 0,4}{40}} = 4,33 \text{ мм},$$

де $\sigma_{max} = 40 \text{ МПа}$ – найбільша гранична напруга в резино-тканинній мембрані.

Приймаємо товщину діафрагми $S = 5 \text{ мм}$.

Визначимо хід штоку L при плоскій мембрані [14, с. 114] за формулою:

$$L = \frac{3 \cdot p \cdot D^4 (1 - \mu^2)}{256 \cdot E \cdot S^3} = \frac{3 \cdot 0,4 \cdot 100^4 (1 - 0,4^2)}{256 \cdot 6 \cdot 10^2 \cdot 5^3} = 5,25 \approx 6 \text{ мм},$$

де $\mu = 0,4$ – коефіцієнт Пуассона матеріалу мембрани;

$E = 6 \cdot 10^2 \text{ МПа}$ – модуль пружності матеріалу мембрани.

За розрахованими даними проектуємо конструкцію пристрою для свердління.

Розрахунок точності елементів пристрою.

Точність розташування осей шести отворів $M6 \times 1,0-7H$ відносно осі шпинделя верстата, в якому установлений різальний інструмент, залежить від точності розташування УБ пристрою. Повинна виконуватися умова, за якою УБ розташовується перпендикулярно до осі різального інструмента. Наведена умова залежить від допуску T_{np} паралельності УБ та нижньої площини плити «база Б» пристрою. Параметр T_{np} визначається за формулою:

										Арк.
										43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат						

$$T_{\text{пр}} \leq T_{\text{д}} - K \sqrt{(K_1 \cdot \varepsilon_6)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{3н}^2 + \varepsilon_{\text{п}}^2 + \varepsilon_{\text{уст}}^2 + \varepsilon_{\text{обр}}^2 + \varepsilon_{\text{поз}}^2},$$

де $T_{\text{д}} = 300$ мм – допуск отвору Ø5H14;

$K = 1,2$ – коефіцієнт, який враховує відхилення окремих складових від закону нормального розподілення;

$\varepsilon_6 = 0,042$ мм – похибка базування заготовки (максимальний зазор посадки Ø160g6/160K5);

$\varepsilon_3 = 0$ – похибка закріплення заготовки (сили закріплення не змінюють положення заготовки в пристрої);

$\varepsilon_{3н} = 0$ – похибка зносу установчих елементів (рівномірний знос УБ пристрою);

$\varepsilon_{\text{п}} = 10$ мкм – похибка перекосу інструмента (для верстатів з ЧПК свердлильної групи);

$\varepsilon_{\text{уст}} = 10$ мкм – похибка установлення пристрою на столі верстата;

$\varepsilon_{\text{обр}} = K_2 \cdot \omega = 0,6 \cdot 150 = 90$ мкм – середня економічна точність обробки (свердління отворів) [3]; $\omega = 150$ мкм (ІТ12); $K_2 = 0,6$ – коефіцієнт, який враховує імовірність появи похибки обробки [9];

$\varepsilon_{\text{поз}} = 10$ мкм – похибка позиціювання шпиндельного вузла [3].

$$T_{\text{пр}} \leq 300 - 1,2 \sqrt{(1,2 \cdot 42)^2 + 0^2 + 0^2 + 10^2 + 10^2 + 90^2 + 10^2} = 175 \text{ мкм.}$$

Беремо $T_{\text{пр}} = 0,1$ мм і занесемо розраховану величину в перелік технічних вимог креслення пристрою для свердління.

Опис конструкції та роботи пристрою.

Конструкція пристрою (дивись креслення ТМЗ 19320704–07–01.00.00 СК та специфікацію – додаток В) складається із корпусу 2, в якому розташований мембранний пневматичний привод односторонньої дії із пружиною стиску 18.

В пневматичному приводі розташований кран розподільний 1, шток 5, дві напрямні втулки 7, мембрана 9, яка скріплена шістьма заклепками 16 з двома

					ТМЗ 19320704–00 ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат		

дисками 8. У верхній частині штока знаходиться затискна шайба 6. Нижня поверхня мембрани 9 підтиснута пружиною 18. В лівій частині корпусу установлений упор 4. В нижній частині до корпусу 2 привернути гвинтами 15 дві призматичні шпонки 21, які з'єднуються зі столом верстата посадкою 14H8/h9.

Для обробки отворів із різьбою заготовка установлюється на плоску поверхню стола та короткий циліндричний палець корпусу 2. Кутове положення заготовки фіксується упором 4, який входить у паз нижньої щочки важеля посадкою 35H11/d9. На заготовку установлюється затискна шайба 6 і вмикається розподільний кран 1.

В порожнину пневматичної камери від розподільного крана 1 надходить стисле повітря, яке вигинає мембрану 9 до низу і одночасно переміщує шток 5 до дотику із затискною шайбою 6. Заготовка затискається, а далі повністю оброблюється один із отворів (свердлиться отвір, зенкується фаска і нарізається різьба).

Розкріплення заготовки відбувається у зворотному напрямі. Рукоятка розподільного крана установлюється в положення, при якому стисле повітря виходить у атмосферу, а пружина стиснення 18 відновлює вихідне положення мембрани 9, штока 5. Затискна шайба 6 знімається із заготовки.

Робота пристрою при базуванні, закріпленні та розкріпленні заготовки проста, його обслуговування не потребує високої кваліфікації робочого-верстатника.

Зберігати пристрій треба на складі, запобігати ударів, різких змін температури. Перед налагодженням пристрій очистити від пилу, бруду, а рухомі частини змастити солідолом.

					ТМЗ 19320704–00 ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат		

ВИСНОВКИ

1. Виконаний аналіз службового призначення торцевого ущільнювання та корпусу. Проаналізовані технічні вимоги деталі на її виготовлення.

2. За коефіцієнтом розроблення операцій визначений тип виробництва – дрібносерійний та форма його організації – групова.

3. Виконаний аналіз технологічності конструкції корпусу за якісними та кількісними показниками. Конструкція деталі за її окремими елементами визнана технологічною.

4. Запропонований спосіб одержання вихідної заготовки – штамповка на КГШП та розроблені технічні вимоги на її виготовлення.

5. Виконаний аналіз існуючого технологічного процесу і запропоновані нововведення для його удосконалення. Розрахунково-аналітичним методом (з використанням ЕОМ) визначені припуски і допуски на обробку поверхні діаметром 160g6 мм. Обґрунтовані схеми базування і закріплення заготовки для двох операцій: 015 «Токарна з ЧПК» і 035 «Свердлильна з ЧПК». Для наведених операцій вибрані моделі верстатів, технологічне оснащення, різальний та вимірювальний інструмент, розраховані режими різання і норми часу.

6. На операцію 035 «Свердлильна з ЧПК» спроектований спеціальній пристрій для швидкого і точного устанавлення заготовки на стіл верстата моделі KST 16V.

7. Розроблені заходи для вирішування питань, пов'язаних з охороною праці і технікою безпеки в надзвичайних ситуаціях працюючих (додаток Г).

8. Для запропонованого технологічного процесу виготовлення корпусу розроблена технологічна документація (карти КТП, КЕ).

					ТМЗ 19320704–00 ПЗ	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат		

ПЕРЕЛІК ДжЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. **Євтухов, В. Г.** Методичні вказівки до кваліфікаційної роботи бакалаврів : для студ. спец. 6.05050201 «Технології машинобудування» / В. Г. Євтухов. – Суми : СумДУ, 2017. – 44 с.

2. **Попович, В. В.** Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство : підруч. для вищ. навч. закл. / В. В. Попович, В. В. Попович. – Львів : Світ, 2006. – 624 с.

3. **Дикань, В. Л.** Технологія машинобудівних підприємств: підручник / В. Л. Дикань, Ю. Є. Калабухін, Н. Є. Каличева та ін., за заг. ред. В. Л. Диканя. – Харків: УкрДУЗТ, 2020. – 386 с.

4. **Добрянський, С. С.** Технологічні основи машинобудування. [Електронний ресурс]: підручник для студ. спеціальностей 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування» / С. С. Добрянський, Ю. М. Малафеев; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 379 с.

5. ГОСТ 7505-89 Поковки сталеві штамповані. Допуски, припуски і ковальські напуски.

6. **Залога, В. О.** Робоча програма та методичні вказівки до обов'язкового домашнього завдання з дисципліни «Теорія різання» : для студ. спец. 131 «Прикладна механіка» і 133 «Галузеве машинобудування» освітнього ступеня «бакалавр» денної та заочної форм навчання / В. О. Залога. – Суми : СумДУ, 2017. – 43 с.

7. **Мазур, М. П.** Основи теорії різання матеріалів : підручник / М. П. Мазур, Ю. М. Внуков, В. Л. Доброскок, В. О. Залога та ін.; під заг. ред. М. П. Мазура. – 2-ге вид., перероб. і доп. – Львів : Новий Світ-2000, 2011. – 422 с.

8. **Паливода, Ю. Є.** Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки : навчально-методичний посібник / Ю. Є. Паливода, А. Є. Дячун, Р. Я. Лещук. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – 240 с.

					ТМЗ 19320704–00 ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат		

9. **Петров, О. В.** Технологічна оснастка : навчальний посібник / О. В. Петров, С. І. Сухоруков. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 123 с.

10. Методичні вказівки до оформлення документації при виконанні розрахунково-графічних і курсових робіт, курсових і дипломних проектів з технології машинобудування: у 2 ч. – Ч. 1. Загальні відомості / укладачі: В. Г. Євтухов, В. О. Іванов. – Суми: Сумський державний університет, 2011. – 55 с.

11. Методичні вказівки до оформлення документації при виконанні розрахунково-графічних і курсових робіт, курсових і дипломних проектів з технології машинобудування : у 2 ч. – Ч. 2. Приклади оформлення технологічної документації / укладачі: В. Г. Євтухов, В. О. Іванов. – Суми: Сумський державний університет, 2011. – 59 с.

					ТМЗ 19320704–00 ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат		