

ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ
«Сумський державний університет»

Факультет технічних систем та 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 (проєкту)

перший (бакалаврський)
(освітньо-науковий рівень)

на тему *Проектування технологічного процесу виготовлення
вала PH19.013.120.01*

Виконав: студент *IV* курсу, групи *ТМ-81*
спеціальності:

131 «Прикладна механіка»
(шифр і назва спеціальності)

освітньої програми:

«Технології машинобудування»
(назва освітньої програми)

Артем Щербаченко
(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник

Павло Кушніров
(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Рецензент

Іван Дягтярьов
(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ
«Сумський державний університет»

Інститут, факультет TeSET
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів
Освітньо-науковий рівень перший (бакалаврський)
(назва)
Спеціальність 131 «Прикладна механіка»
(шифр і назва)
Освітня програма «Технології машинобудування»
(назва освітньої програми, за наявності)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри технології
машинобудування, верстатів та
інструментів

Віталій ІВАНОВ

« » 2022 року

ЗАВДАННЯ
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (ПРОЄКТУ) СТУДЕНТУ

Щербаченко Артем Миколайович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Проектування технологічного процесу виготовлення
вала РН19.013.120.01

керівники проєкту Кушніров Павло Васильович, канд. техн. наук, доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від 13.04.2022 року № 0245-VI

2. Строк подання студентом роботи (проєкту) 10.06.2022 року

3. Вихідні дані до роботи (проєкту)

3.1 Робоче креслення деталі «вал РН19.013.120.01».

3.2 Річний обсяг випуску деталей –115 шт.

3.3 Базовий технологічний процес виготовлення деталі «вал РН19.013.120.01».

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

4.1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі

4.2 Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі

4.3 Визначення типу виробництва та форми організації робіт

4.4 Аналіз технологічності конструкції деталі

4.5 Вибір способу отримання вихідної заготовки, розроблення технічних вимог на її виготовлення

4.6 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі

4.7 Проектування верстатного пристрою для установлення заготовки

4.8 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

5. Зміст графічної частини (перелік креслень, які потрібно розробити)

5.1 Креслення вихідної заготовки

5.2 Креслення маршрутного технологічного процесу виготовлення деталі

5.3 Креслення операційного налагодження

5.4 Креслення верстатного пристрою для встановлення заготовки

6. Інша конструкторська та технологічна документація

Комплект документів на технологічний процес виготовлення деталі

«вал РН19.013.120.01»

5. Консультанти розділів роботи (проєкту)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

6. Дата видачі завдання «08» 01 2022 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Технологічна частина	15.05.2022	
2	Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	20.05.2022	
3	Оформлення пояснювальної записки	25.05.2022	
4	Оформлення комплексу технологічної документації	30.05.2022	
5	Оформлення креслень та презентації	10.05.2022	

Студент

(підпис)

Артем ЩЕРБАЧЕНКО

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи (проєкту)

(підпис)

Павло КУШНІРОВ

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет

Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ *Віталій ІВАНОВ*

«_____» _____ 2022 р.

**ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ
ВИГОТОВЛЕННЯ ВАЛА РН19.013.120.01**

Кваліфікаційна робота (проект) бакалавра

Спеціальність – 131 «Прикладна механіка»

Освітня програма – «Технології машинобудування»

Студент

Артем ЩЕРБАЧЕНКО

Керівники

Павло КУШНІРОВ

Нормоконтроль

Артем ЄВТУХОВ

РЕФЕРАТ

Записка: 60 с., 8 рис., 7 табл., 9 джерел посилань.

Мета роботи: підвищення ефективності технологічного процесу виготовлення вала РН19.013.120.01.

Об'єкт роботи: вал РН19.013.120.01 горизонтального двоступеневого відцентровувального насоса ЦНС, технологічний процес виготовлення вала.

У роботі був проведений аналіз службового призначення машини (ЦНС) та деталі (вала РН19.013.120.01). Проаналізовано технічні вимоги на виготовлення деталі. Визначено тип виробництва й організаційні умови роботи. Виконано обґрунтування способу отримання заготовки. Виконано детальний аналіз технологічної операції 025 фрезерно-центрувальної та 040 токарної з ЧПК: обґрунтовано схему базування і закріплення заготовки на операції, вибір металорізального верстата й технологічної оснастки, розраховані режими різання, виконано технічне нормування операції.

НАСОС, ВАЛ, ПРОКАТ, ФРЕЗЕРНО-ЦЕНТРУВАЛЬНА ОПЕРАЦІЯ, ТОЧИННЯ, СВЕРДЛІННЯ.

ЗМІСТ

с.

Вступ	4
1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі. Опис конструктивних особливостей деталі й умов її експлуатації.....	5
2 Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі.....	9
3 Визначення типу виробництва та форми організації робіт.....	12
4 Аналіз технологічності конструкції деталі	16
5 Вибір способу одержання вихідної заготовки.....	18
6 Аналіз технологічного процесу механічного оброблення заготовки	22
6.1 Розрахунок припусків на оброблення поверхні обертання.....	22
6.2 Обґрунтування вибору схеми базування та закріплення заготовки.....	24
6.3 Обґрунтування вибору металорізального устаткування	28
6.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, ріжучого та вимірювального інструменту	30
6.5 Визначення режимів різання.....	32
6.6 Технічне нормування операції	41
7 Проектування верстатного пристрою.....	47
Висновки.....	60
Перелік джерел посилань.....	61

					<i>ТМ 18510183-00.ПЗ</i>			
Змін.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Проектування технологічного процесу виготовлення вала <i>PH19.013.120.01</i>	Літ.	Аркуш	Аркушів
Розроб.	<i>Щербаченко</i>					3		
Перевір.	<i>Кушніров</i>							
Н. контр.	<i>Єтухов</i>					<i>СумДУ ТМ-81</i>		
Затв.	<i>Іванов</i>							

ВСТУП

Об'єктом кваліфікаційної роботи бакалавра є вал РН19.013.120.01, що входить до складу горизонтального двоступеневого відцентровувального насоса ЦНС. Відцентрові насоси, являють собою вид обладнання, що відповідає за перекачування води (або інших рідин) і створення напору за допомогою обертання робочого колеса, в результаті чого діють відцентрові сили. Тож удосконалення технологічного процесу виготовлення вала РН19.013.120.01 є актуальним завданням, що ставить на меті забезпечення технічних вимог, зазначених робочим кресленням деталі.

Для обґрунтування запропонованих нововведень в роботі виконаний аналіз вихідних даних, аналіз службового призначення машини, вузла, деталі, конструктивних особливостей деталі й умов її експлуатації, технічних вимог на її виготовлення, типу виробництва.

Виконано обґрунтування способу отримання заготовки. Виконано детальний аналіз технологічної операції 025 фрезерно-центрувальної та токарної з ЧПК 040: обґрунтовано схему базування і закріплення заготовки на операції, вибір металорізального верстата й технологічної оснастки, розраховані режими різання, виконано технічне нормування операції.

						Арк.
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

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

Службове призначення виробу.

Вал РН19.013.120. використовується у горизонтальному двоступеневому відцентровому насосі для важких застосувань з радіальним роз'ємом корпусу ЦНС (див. рис. 1.1). Відцентрові насоси, являють собою вид обладнання, що відповідає за перекачування води (або інших рідин) і створення напору за допомогою обертання робочого колеса, в результаті чого діють відцентрові сили.

Технологічний насос для важких умов експлуатації у виконанні по АРІ 610, останнє видання (типу ВВ2).

Параметри:

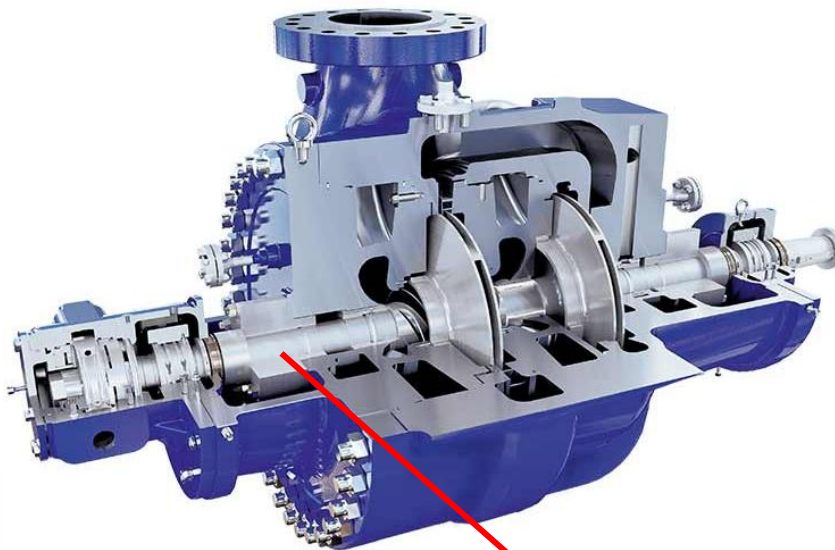
- Подача – 1600 кг/м³
- Напір – 600 м
- Тиск – 80 бар
- Температура - +400°C
- Потужність електродвигуна, 40 кВт

Габаритні розміри (з віброізоляцією), мм:

- Длина- 4500
- Ширина- 3100
- Висота- 3250

Деталь «Вал» входить до складального вузла ротора. Двоступеневий ротор насоса сконструйований для роботи зі специфічними рідинами і робочими умовами з максимальною продуктивністю.

						Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		



Ротор

Рисунок 1.1 – Схема ЦНС

Відцентровий агрегат має ключові елементи: спіральний корпус і робоче колесо, яке насаджено на вал. Вал, в свою чергу, обертається в підшипниках. Крім цього, конструкція насоса включає: приймальний зворотний клапан забезпечений сіткою (при заливці перед пуском стримує рідину всередині корпусу і всмоктуючого патрубку), засувка на всмоктуючому патрубку, вакууметр (для виміру розрідження на стороні всмоктування). Якщо в корпусі насоса не одне, а кілька робочих коліс (у нашому випадку 2), то така конструкція дозволяє отримати значно вищі значення напору, що перекачується рідини на виході з насоса.

						Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Вал при роботі ізольований від впливу зовнішнього середовища. Основний вид руйнування – втома металу вала в місцях концентрації напружень. Абразивного зношення поверхні вала відчувати під дією зовнішнього середовища не буде.

Підводячи підсумок, можна сказати таке: робота вала здійснюється в умовах динамічних, циклічних навантажень при високих частотах обертання, без впливу зовнішнього середовища. При роботі вал відчуває вигин з крученням в сукупності з навантаженнями стиснення, що виникають від осьової сили при невеликих температурах.

Ескіз деталі і нумерація поверхонь вала представлені на рисунку 1.2.

Класифікація поверхонь, див. рисунок 1.2:

- виконавчі поверхні: 18, 19, 27, 28, 2, 3, 15, 33, 34, 40, 39, 36, 36, 38, 11, 12, 23, 22, 5, 6.

- основні конструкторські бази: 15, 33, 34.

- допоміжні конструкторські бази: 18, 19, 27, 28, 2, 3, 15, 33, 34, 40, 39, 36, 36, 38, 11, 12, 23, 22, 5, 6, 25, 26, 29.

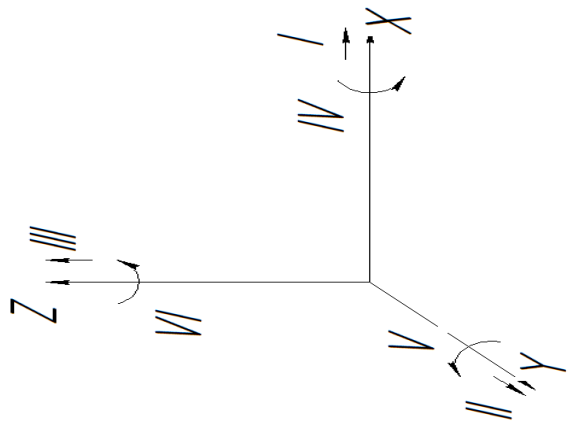
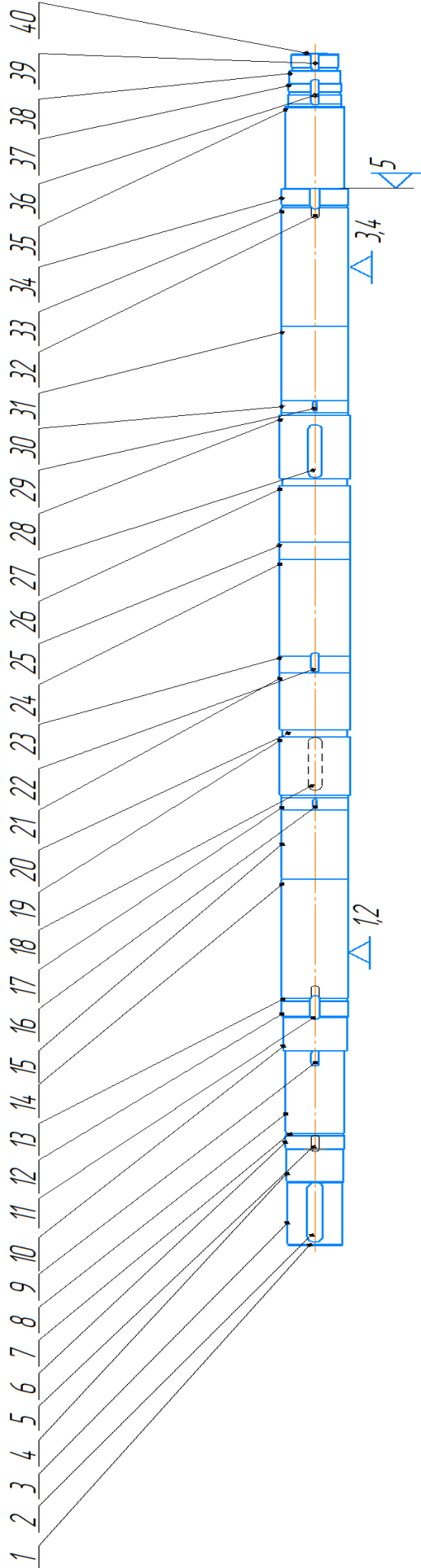
- вільні поверхні: інші.

Поверхня 15, 33 використовуються для закріплення вала в корпусі, в підшипниках. Циліндрична поверхня та її торець 34, використовується для упора в підшипники.

Паз 18 та поверхня 19 і паз 27 та поверхня 28 призначені для закріплення робочих коліс.

Поверхні 40, 39, 37 та 36 призначені для стопорного кільця.

						Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		



Зв'язок	X	Y	Z	Базис
l	0	1	1	ПНБ
a	0	1	1	
l	1	0	0	ОБ
a	0	0	0	
l	0	0	0	-
a	0	0	0	

Зв'язок	Співвідношення базисів	Належність базису
12,3,4	II, III, V, VI	ПНБ
5	I	ОБ
Вакансії	-	-

Рисунок 1.2 – Ескіз деталі

2 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ НА ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

Вал РН19.013.120 представляє собою тіло обертання типу вал ступінчастий з пазами.

Габарити деталі: $\varnothing 95 \text{ max} \times 2462 \text{ мм}$.

Маса деталі – $m = 116 \text{ кг}$.

Велика протяжність вала за відносно малих діаметрів ступенів робить його конструкцію нежорсткою.

Матеріал: сталь 40Х ГОСТ 4543-71, див. таблиці 2.1, 2.2.

Матеріали-замінники: сталь 45Х, сталь 38ХА, сталь 40ХН, сталь 40ХС, сталь 40ХФА, сталь 40ХГТР [1].

Призначення: плунжери, штоки, оправки, півосі, осі, вали, вал-шестерні, колінчаті і кулачкові вали, шпинделі та інші покращувані деталі підвищеної міцності [1].

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сталі 40Х, у відсотках

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu
0,36-0,4	0,17-0,37	0,5-0,8	до 0,3	до 0,035	до 0,035	0,8-1,1	до 0,3

Таблиця 2.2– Механічні властивості при підвищених температурах сталі 40Х

t випробування, °С	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_b , МПа	δ_5 , %	ψ , %	КСУ, Дж/м ²
Закалка 830 °С, масло. Отпуск 550 °С					
200	700	890	15	42	114
300	680	830	17	58	
400	610	670	18	68	98
500	430	490	21	80	78

						Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Матеріал деталі – сталь 40Х може бути замінена сталлю 45Х, 40ХН, 40ХС, 40ХФА, 40ХГТР.

Технічні вимоги (умови) на виготовлення деталі визначаються її службовим призначенням. На основі аналізу робочого креслення можна сказати висновок, що наявні проєкції та перетини подані у достатній кількості, вони правильно розміщені згідно існуючих стандартів, на всіх поверхнях позначені вихідні дані: розміри, їх точність, шорсткість поверхонь, проставлені потрібні технічні вимоги на виготовлення деталі.

Очевидно, що креслення виконане відповідно до діючих вимог і повністю відповідає чинним стандартам: ГОСТ 2.109-73. Основні вимоги до креслень: ГОСТ 2.305-68. Зображені види, розміри, перерізи ГОСТ 2.307-68. Нанесення розмірів і Зм. Арк. № докум. Підп. Дата Арк. 13 граничних відхилень ГОСТ 2.309-73. Шорсткість поверхні. Параметри, характеристики і позначення ГОСТ 24643-81. Допуски норми і розташування поверхонь. Числові значення.

Зовнішні циліндричні поверхні з точністю 6 квалітету розмірної точності, піддається обробленню шліфуванням, що необхідно для більш точного з'єднання сполучених елементів виробу, забезпечення гарантованих мінімальних зазорів при установці робочих коліс і розвантажувального диска. Точне центрування встановлюються на валу деталей зменшує дебаланс і сприяє стабільній роботі вузла.

Відповідно до технічних вимог згідно з ГОСТ 4.070.014 на деталі не допускаються: тріщини, розшарування матеріалу, задирки, рвані і гострі кромки; забоїни, вм'ятини і ризики, що виходять за межі класів шорсткості поверхонь. Так як деталь є відповідальною, то вищевказані дефекти можуть привести до поширення тріщин, деформації і розриву деталі.

Технічні вимоги регламентують розмірну точність вільних поверхонь: отворів – Н14, валів – h14, інших поверхонь – $\pm IT12/2$.

Гострі кромки повинні бути притуплені радіусом не більше 1 мм або фаскою не більше 1 мм під кутом 45°.

						Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Допускається виготовлення з прокату в термічно обробленому стані. Контролю піддати кожну заготовку. Матеріал повинен бути стійким проти міжкристалічної корозії.



						Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

3 ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА ТА ФОРМИ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБІТ

Тип виробництва й відповідна йому форма організації робіт визначають характер технологічного процесу та його побудову.

Тип виробництва згідно з ГОСТ 3.1108-74 характеризується коефіцієнтом закріплення операцій $K_{з.о}$, що показує відношення всіх різних операцій, виконуваних підрозділом впродовж місяця, до числа робочих місць [2,5]. Визначаємо тип виробництва через розрахунок $K_{з.о}$.

Вхідні дані:

річний обсяг випуску – $N_p = 115$ шт.;

- нормативний коефіцієнт завантаження обладнання для дрібносерійного – $\eta_{з.н.} = 0,75$ [6];

- кількість механічних операцій базового технологічного процесу – 12;

- штучний час обробки деталі за операціями – обираємо відповідно до норм за базовим технологічним процесом (див. таблицю 3.1);

- режим роботи підприємства – у 2 зміни;

- дійсний річний фонд часу роботи обладнання – $F_d = 4015$ год [2].

Виконаємо розрахунок необхідної кількості обладнання за формулою:

$$m_p = \frac{N_p \cdot T_{шт}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{з.н.}}$$

Таблиця 3.1 – Розрахунок $K_{з.о}$

№ операції	Найменування операції	Тшт	m_p	P	$h_{з.ф}$	O
1	2	3	4	5	6	7
1	Фрезерно-центрувальна	22,78	0,0145	1	0,0145	51,73
2	Свердлильна	20,92	0,0133	1	0,0133	56,32
3	Токарно-гвинторізна	48,28	0,0307	1	0,0307	24,41

						Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6	7
4	Токарно з ЧПК	34,60	0,0220	1	0,0220	34,06
5	Токарно з ЧПК	35,80	0,0228	1	0,0228	32,91
6	Токарно з ЧПК	33,70	0,0215	1	0,0215	34,96
7	Токарно з ЧПК	39,70	0,0253	1	0,0253	29,68
8	Кругошліфувальна	24,90	0,0158	1	0,0158	47,32
9	Токарно-гвинторізна	39,00	0,0248	1	0,0248	30,21
10	Токарно-гвинторізна	38,90	0,0248	1	0,0248	30,29
11	Кругошліфувальна	29,60	0,0188	1	0,0188	39,81
12	Кругошліфувальна	21,34	0,0136	1	0,0136	55,22
Сумма:				12		466,92

Кількість робочих на кожній операції:

$$P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = P_5 = 1 \text{ особа.}$$

Фактичний коефіцієнт завантаження робочого місця по кожній операції [2]:

$$\eta_{з.ф} = m_p / P.$$

Кількість операцій, виконуваних на даному робочому місці [2]:

$$O = \eta_{з.н} / \eta_{з.ф}.$$

Коефіцієнт закріплення операцій буде дорівнювати:

$$K_{з.о} = \Sigma O / \Sigma P = 466,92 / 12 = 38,91.$$

Розрахункова величина коефіцієнта закріплення операцій входить до діапазону від 20 до 40 одиниць ($K_{з.о} = 38,91$), що відповідає дрібносерійному типу виробництва .

						Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

За всіма технологічними й виробничими характеристиками серійне виробництво займає проміжне положення між одиничним і масовим виробництвом.

В серійному виробництві зазвичай використовують універсальне і спеціалізоване, спеціальне обладнання. Широко використовуються верстати з ЧПК, обробні центри, знаходять застосування гнучкі автоматизовані системи верстатів з ЧПК. Технологічне оснащення в основному універсальне, однак, у багатьох випадках створюється високопродуктивне спеціальне оснащення. При цьому доцільність його створення повинно бути обґрунтовано техніко-економічним розрахунком. Велике поширення має універсально-збірне, переналагоджуване технологічне оснащення, що дозволяє істотно підвищити коефіцієнт оснащеності серійного виробництва. В якості вихідних заготовок використовують гарячий і холодний прокат. Необхідна точність досягається як методами автоматичного отримання розмірів, так і методами пробних ходів і промірів з частковим застосуванням розмічування.

Середня кваліфікація робітників вище, ніж в масовому виробництві, але нижче, ніж в одиничному. Поряд з робочим високої кваліфікації, які працюють на складних універсальних верстатах, використовуються робітники-оператори, що працюють на попередньо налагоджених верстатах.

Для серійного типу виробництва рекомендується предметна (групова) форма організації робіт. Заготовки обробляють на верстатах партіями. При цьому час виконання операції на окремих верстатах може бути не погоджений з часом обробки на інших верстатах. Виготовлені деталі під час роботи зберігають поблизу верстатів, а далі транспортують всією партією. Деталі, які очікують надходження на наступний верстат для виконання чергової операції, зберігають верстатів.

Згідно з [2] визначимо партію запуску виробів за спрощеною формулою

$$n_{\text{зап}} = \frac{\alpha \cdot N_{\text{річ}}}{F}$$

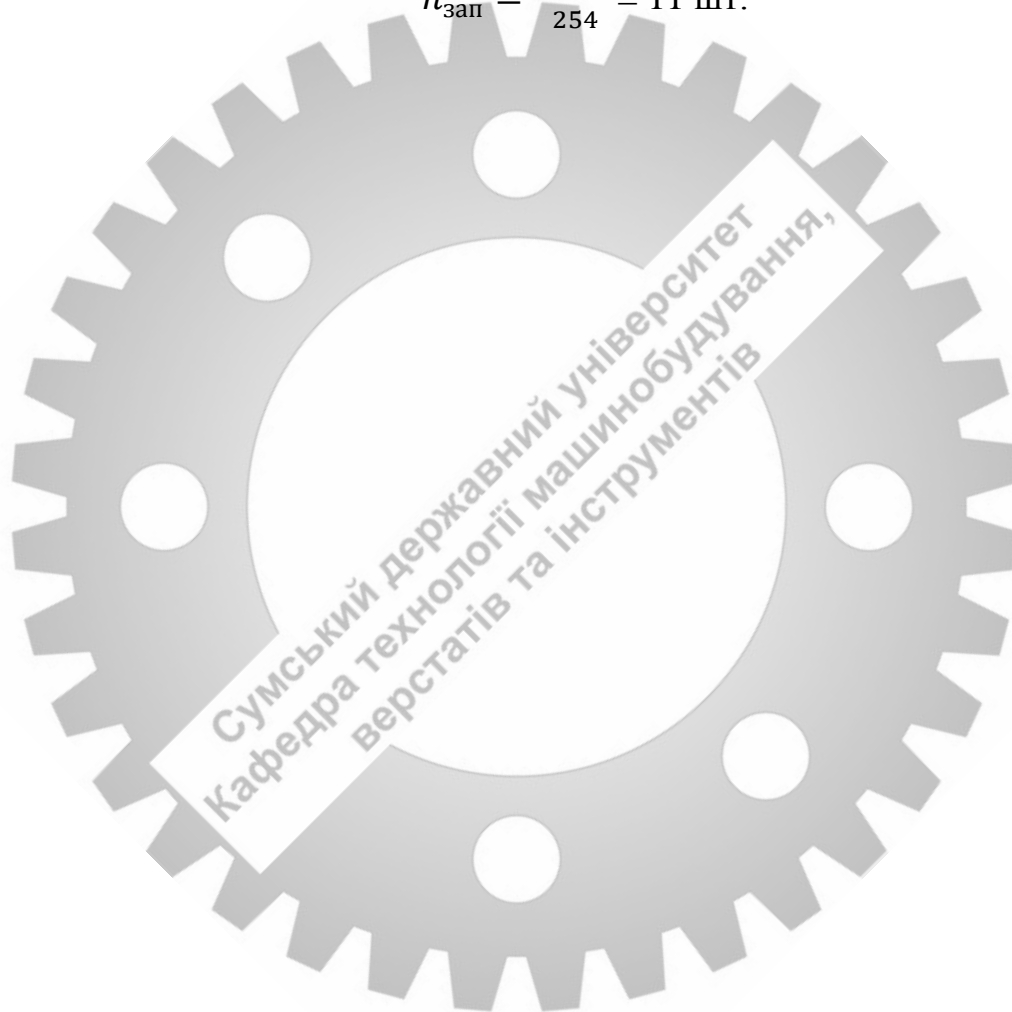
						Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

де а – число діб, на яку потрібно мати запас деталей (періодичність запуску – випуска, відповідна сборки), 24 шт.

N – річна програма випуску деталей- 115 шт.

F – число робочих днів в 2021 році- 254 діб.

$$n_{\text{зап}} = \frac{24 \cdot 115}{254} = 11 \text{ шт.}$$



						Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

4 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ

Вал РН19.013.120 має форму багато ступінчастого тіла обертання, з великою кількістю шпонкових пазів . Особливістю конструкції деталі є її довжина

Габарити деталі 2462×96 мм, не компактна конструкція є нетехнологічною ознакою. Велика довжина деталі та малий її діаметр роблять конструкцію досить не жорсткою.

Матеріал деталі – сталь 40Х ГОСТ 4543-71, є дуже поширеним і дешевим матеріалом, який також відносно легко обробляється різанням та має багато замінників. У зв'язку з відповідальним призначенням деталі до її матеріалу пред'являються підвищені вимоги якості.

Заготовка – прокат, має конфігурацію стандартної не складної геометричної фігури циліндра.

З точки зору механічної обробки деталь досить проста і відкрита, до всіх оброблюваних поверхонь є вільний доступ. Деталь має ряд якісних поверхонь, які можуть використовуватися в якості технологічних баз.

У конструкції деталі має місце ряд «класних» поверхонь, наявність яких є нетехнологічним ознакою, так як ускладнює обробку заготовки, вимагає додаткових чистових етапів обробки та застосування обладнання підвищеної точності тощо:

- а) циліндрична поверхня $\varnothing 90h6$ ($Ra = 3,2$ мкм, допуск радіального биття – 30 мкм);
- б) циліндрична поверхня $\varnothing 95js6$ ($Ra = 3,2$ мкм, допуск радіального биття – 30 мкм);
- в) циліндрична поверхня $\varnothing 80h6$ ($Ra = 3,2$ мкм, допуск радіального биття – 30 мкм);

Проставлення розмірів деталі виконано правильно, що поєднує технологічні і вимірювальні бази. Це дає змогу усунути похибки базування при

						Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

механічній обробці заготовки та підвищує точність обробки поверхонь деталі, що також є технологічним фактором.

На кресленні деталі використовується комбінований метод проставляння розмірів, що дає змогу забезпечити зручність їх вимірюванні в процесі обробки. В цілому розмірні ланцюги забезпечують однозначне визначення всіх конструктивних елементів деталі.



						Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

5 ВИБІР СПОСОБУ ОДЕРЖАННЯ ВИХІДНОЇ ЗАГОТОВКИ

З метою економії металу і зменшення трудомісткості обробки, конфігурація заготовки повинна бути максимально наближена до конфігурації деталі. Трудомісткість виготовлення і собівартість заготовки повинні бути мінімальними. Заготовка повинна мати форму, що дозволяє вести обробку з мінімальною кількістю установів і ріжучого інструменту. Матеріал заготовки не повинен мати тріщин, розшарувань тощо.

Запропонуємо спосіб отримання заготовки методом лиття в пісочні форми, замість заводського варіанту методом прокату.

Вхідні дані:

Форма деталі- тіло обертання.

Матеріал деталі- конструкторська мало легована сталь.

Виробнича програма- 115 шт.

Маса деталі- 116 кг.

Остаточний висновок про раціональність способу отримання заготовки зробимо після економічного обґрунтування. Собівартість заготовок, одержуваних литтям, можна визначити за формулою [2]:

$$S_{\text{лит}} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot k_m \cdot k_c \cdot k_e \cdot k_n \cdot k_n \right) - (Q - q) \cdot \left(\frac{S_{\text{обр}}}{1000} \right),$$

де C_i – базова вартість 1 т заготовок, грн;

k_t – коефіцієнт, що залежить від класу точності виливка;

k_c – коефіцієнт, що залежить від групи складності виливка;

k_v – коефіцієнт, що залежить від маси виливка;

k_m – коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу виливка;

k_p – коефіцієнт, що залежить від об'єму виробництва заготовок;

Q – маса виливка, кг;

q – маса готової деталі, кг;

					Арк.
					18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	

Свдх – вартість 1 т відходів, грн

Для лиття у піщано-глинисті форми вище перелічені коефіцієнти мають такі значення [2]:

- $k_t = 1,0$ – для 3-го класу точності;

- $k_c = 0,7$ – для 1-й групи складності виливок

- $k_b = 0,84$;

- $k_m = 1,0$;

- $k_p = 1,0$ – для 3-ї групи серійності при річній програмі випуску 115 штук

Вартість 1 т литва сталі 40Х у піщано-глинисті форми дорівнює: $C_1 = 62400$ грн; вартість відходів дорівнює: $Свдх = 5600$ грн; маса заготовки: $Q_1 = 131$ кг; маса готової деталі: $q = 116$ кг. У такому випадку собівартість одержання заготовки у піщано-глинисті форми дорівнюватиме:

$$S_1 = \left(\frac{62400}{1000} \cdot 131 \cdot 1 \cdot 0,84 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 1 \right) - (131 - 116) \cdot \left(\frac{5600}{1000} \right) = 4722 \text{ грн.}$$

Вартість заготовок, що одержуються з прокату [2]:

$$S_{\text{пр}} = M + \Sigma C_{0,3},$$

де M – витрати на матеріал заготовки, грн;

$\Sigma C_{0,3}$ – технологічна собівартість операції розрізання, правки.

Технологічна собівартість різних операцій:

$$C_{0,3} = (C_{\text{п.з}} \cdot T_{\text{шт.к}}) / (60 \cdot 100),$$

де $C_{\text{п.з}}$ – наведені витрати на робочому місці, коп/год;

$T_{\text{шт.к}}$ – штучно-калькуляційний час операції, хв.

Згідно з заводськими даними для різних технологічних операцій маємо:

- для операції правки : $C_{\text{п.з}} = 16000$ коп/год, $T_{\text{шт.к}} = 30$ хв;

- для операції розрізання: $C_{\text{п.з}} = 19000$ коп/год; $T_{\text{шт.к}} = 40$ хв.

					Арк.
					19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	

$$\Sigma C_{o.3} = (16000 \cdot 30) / (60 \cdot 100) + (19000 \cdot 40) / (60 \cdot 100) \approx 206 \text{ грн.}$$

Витрати на матеріал заготівлі визначаються за формулою:

$$M = Q \cdot S - (Q - q) \cdot S_{отх} / 1000,$$

де Q – маса заготовки, кг;

S – ціна 1 кг матеріала заготовки, грн;

q – маса готової деталі:

$S_{вдх}$ – ціна 1 т відходів, грн.

При масі заготовки $Q = 131$ кг; маса готової деталі $q = 116$ кг; вартість сталі 40Х – $S = 32000$ грн/т; вартість відходів $S_{вдх} = 3800$ грн, отримаємо витрати на матеріал:

$$M = 131 \cdot 32 - (131 - 116) \cdot 3800 / 1000 \approx 4135 \text{ грн.}$$

Таким чином, собівартість заготовок, що одержуються з прокату дорівнює:

$$S_2 = 4135 + 206 \approx 4341 \text{ грн.}$$

Тоді величина річного ефекту буде:

$$E = (S_1 - S_2) \cdot N_{річ}$$

$$E = (4722 - 4341) \cdot 115 = 43815 \text{ грн.}$$

Економія в рік складає 43815 грн. Аналіз сказаного віддає перевагу заготовці у вигляді прокату круглого гарячекатаного згідно з ГОСТ 2590-*.

						Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

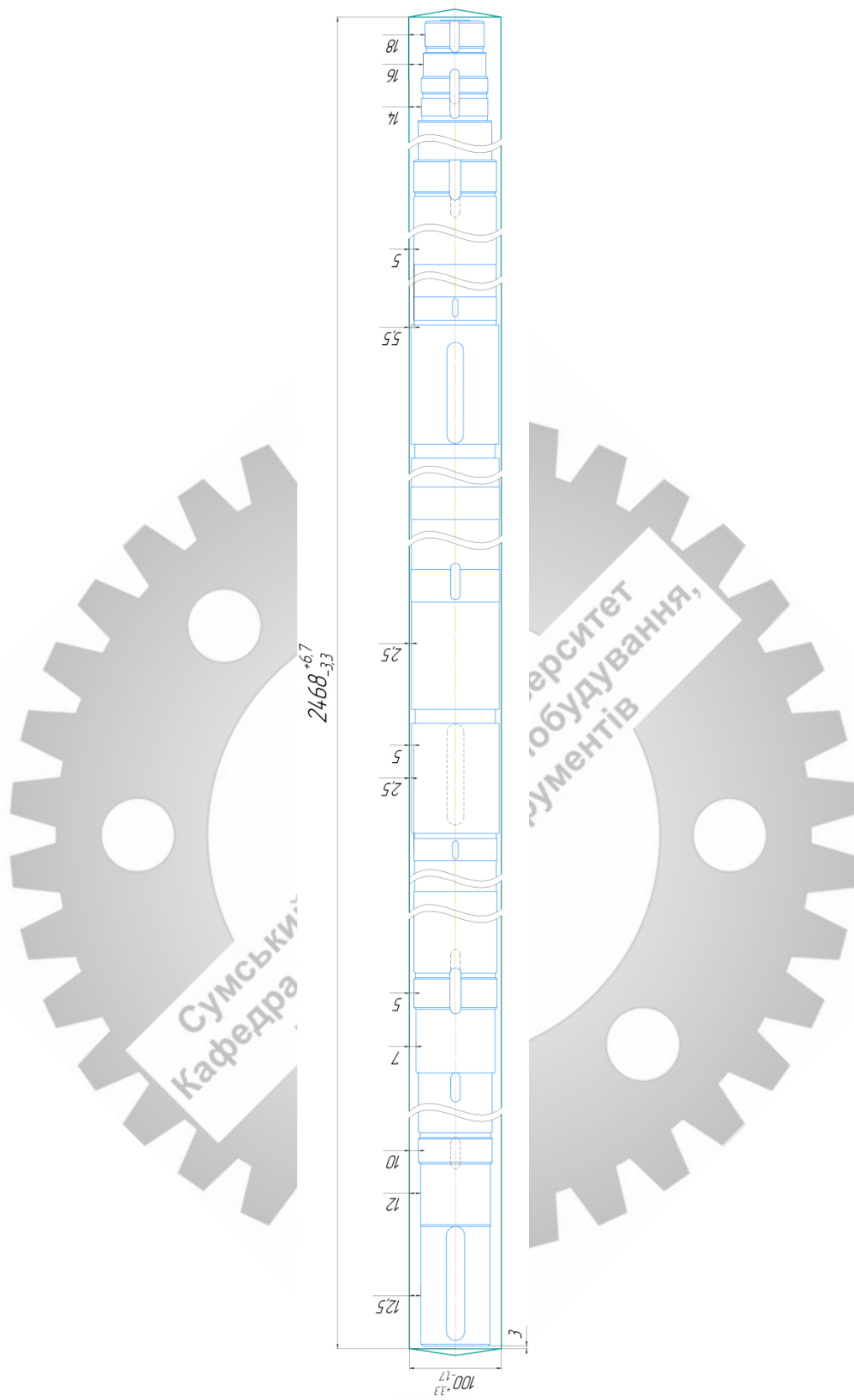


Рисунок 5.1 - Ескіз заготовки

					Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	21

6 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОГО ОБРОБЛЕННЯ ЗАГОТОВКИ

6.1 Розрахунок припусків на оброблення поверхні обертання

Припуски, допуски й міжопераційні розміри при обробленні циліндричної поверхні $\varnothing 96f7$ визначимо з використанням методу проф. В. М. Кована, в основі якого використовується формула розрахунку мінімального припуску на i -й перехід [2]:

$$2Z \min_i = 2 \left(Rz_{i-1} + H_{i-1} + \sqrt{\varepsilon y_i^2 + \rho_{i-1}^2} \right)$$

де Rz_{i-1} – шорсткість поверхні, яка формується на попередньому ($i-1$) переході;

H_{i-1} – глибина дефектного шару, яка формується на попередньому ($i-1$) переході;

εy_i – похибка установлення заготовки на (i) переході;

ρ_{i-1} – величина просторових відхилень, яка формується на попередньому ($i-1$) переході.

Згідно з технологічним процесом обробку зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 96h6$ оброблюють в три етапи: чорнове точіння, півчистове точіння і чистове точіння. Значення Rz_{i-1} і H_{i-1} визначалися згідно з джерелами [2]:

- для прокату: $Rz_{i-1} = 500$ мкм; $H_{i-1} = 750$ мкм;
- чорнове точіння: $Rz_{i-1} = 250$ мкм; $H_{i-1} = 240$ мкм;
- півчистове точіння: $Rz_{i-1} = 125$ мкм; $H_{i-1} = 120$ мкм;
- чистове точіння: $Rz_{i-1} = 40$ мкм; $H_{i-1} = 40$ мкм.

Величини просторових відхилень для заготовки (прокату) розраховувались за формулою [2]:

					Арк.
					22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	

$$\rho_{\text{пок}} = \sqrt{\rho_{\text{зм}}^2 + \rho_{\text{кор}}^2 + \rho_{\text{ц}}^2},$$

де $\rho_{\text{зм}}$ – просторові відхилення поверхні, що становить 0,7 мм [6];

$\rho_{\text{ц}} = 280$ мкм – просторові відхилення поверхні, які спричинені похибкою під час центрування заготовки [2];

$\rho_{\text{кор}} = 205$ мкм – просторові відхилення поверхні, що спричинені коробленням прокату [2].

В результаті маємо

$$\rho_{\text{пок}} = \sqrt{700^2 + 205^2 + 280^2} = 782 \text{ мкм.}$$

Залишкові значення величин просторових відхилень визначалися з коефіцієнтом уточнення $K_{\text{у}}$ [5]:

$$\rho_{\text{ост } i} = \rho_{i-1} \cdot K_{\text{у}i},$$

де $K_{\text{у}1} = 0,06$ – чорнового точіння;

$K_{\text{у}2} = 0,05$ – півчистового точіння;

$K_{\text{у}3} = 0,04$ – чистового точіння.

В результаті маємо:

$$\rho_1 = 782 \cdot 0,06 = 47 \text{ мкм,}$$

$$\rho_2 = 47 \cdot 0,05 = 2,4 \text{ мкм,}$$

$$\rho_3 = 2,4 \cdot 0,04 = 0,096 \text{ мкм.}$$

						Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Похибка установлення заготовки при закріпленні останньої в центрах дорівнює нулю ($\epsilon_y = 0$ мкм).

Подальші розрахунки виконаємо за допомогою ЕОМ. Результати розрахунків представлені в додатку Б цієї роботи.

Схема розташування полів припусків та допусків на оброблення зовнішньої циліндричної поверхні діаметром 96h6

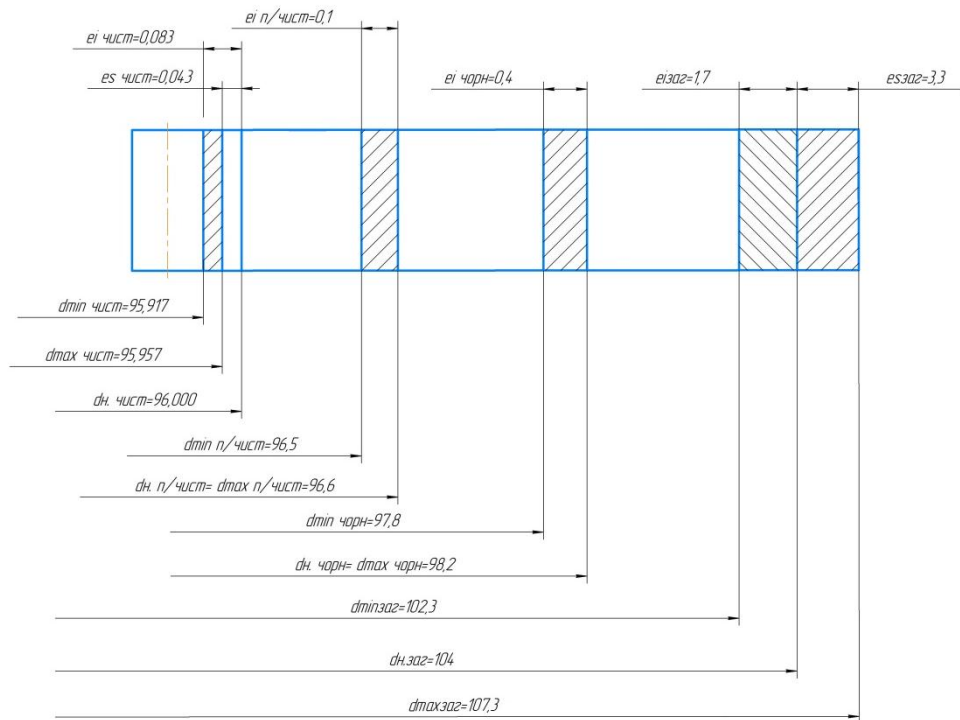


Рисунок 6.1– схема розташування припусків і допусків розміру 96f7

6.2 Обґрунтування вибору схеми базування та закріплення заготовки

Розглянемо схеми базування на фрезерно-центрувальну операцію 025 і токарну операцію з ЧПК 040.

Обґрунтування схеми базування і закріплення заготовки на фрезерно-центрувальну операцію 025.

					Арк.
					24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	

На фрезерно-центрувальній операції виконується обробка обох торців вала, а саме фрезерування торців в розмір з точністю IT12, шорсткістю поверхонь 6,3 мкм за критерієм Ra та свердління центральних отворів В 6,3 ГОСТ 14034-74. Для забезпечення стійкості заготовки під час оброблення її поверхонь пропонується встановлювати її у двох призмах (двох постійних). Операція виконується з використанням одного установива, див. рисунок 5.1. За даної схеми базування деталь лишається чотирьох ступенів свободи.



						Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ док.ум.	Підп.	Дата		

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

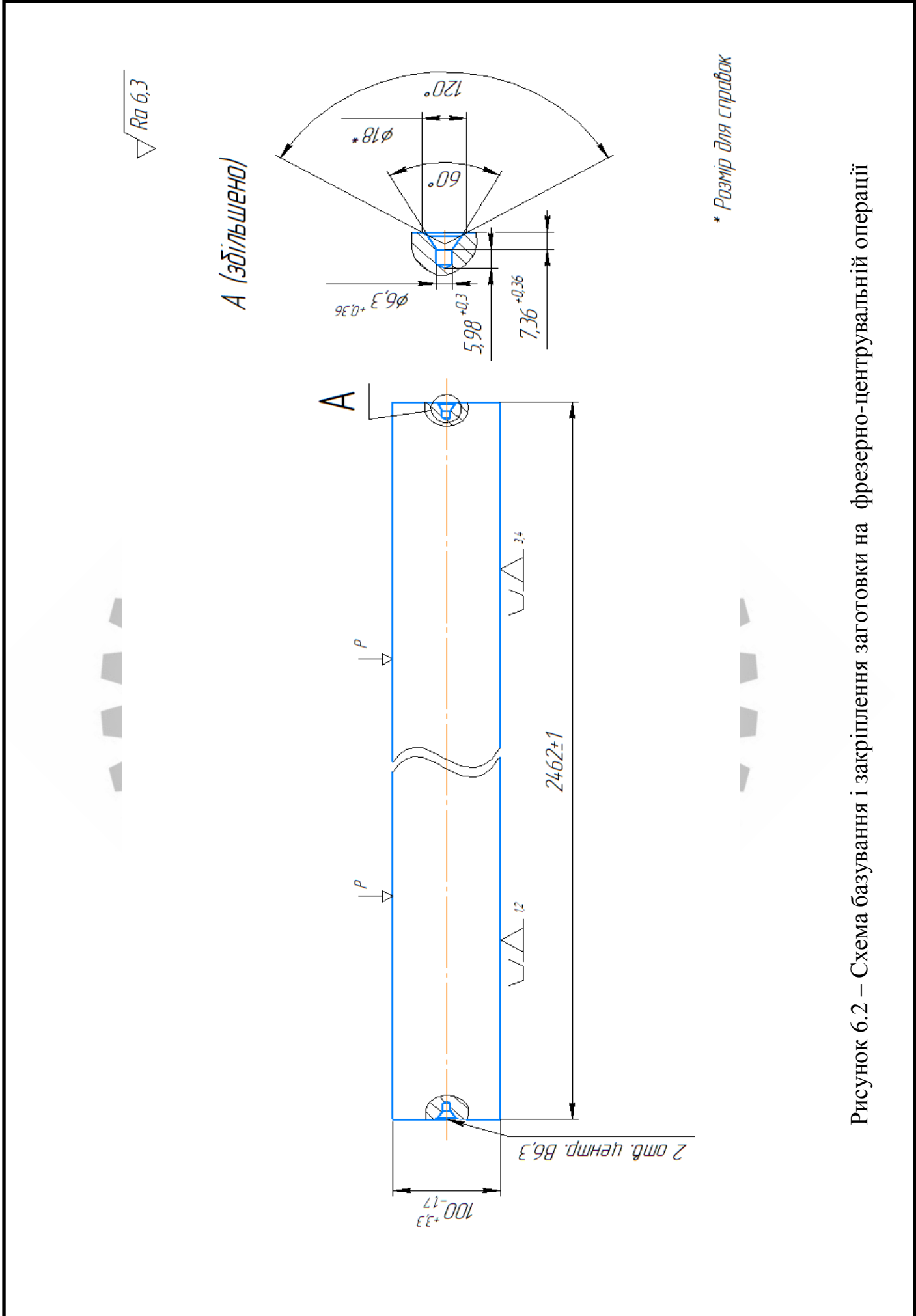


Рисунок 6.2 – Схема базування і закріплення заготовки на фрезерно-центральної операції

Похибка базування на розміри в радіальному напрямку за такої схеми базування дорівнює нулю. Похибка базування на розміри в осьовому напрямку буде дорівнює похибкам наладки верстату, але так як торці заготовки не обробляються одночасно на даній операції, то наведена схема базування є цілком прийнятною.

Обґрунтування вибору схеми базування і закріплення заготовки на токарну операцію з ЧПК 040.

На операції 040 потрібно забезпечити точність лінійних розмірів 110(+0,87;0), 944(+2,3;0), 634(+2;0) та 103(+0,87;0) мм (рис. 6.1). Ця вимога буде витримана, тому, що технологічна база (ТБ) та вимірювальна (ВБ) збігаються для розмірів 110(+0,87;0), 944(+2,3;0), 634(+2;0) мм і похибка базування дорівнює нулю. А для розміру 103(+0,87;0) мм має місце похибка базування (технологічна база розташована по уступу в розмір 944):

$$\varepsilon_{\delta_{103}} = T_{944_{H14}} = 2,3 \text{ мм.}$$

$$\varepsilon_{\delta_{103}} = 2,3 \text{ мм} > T_{103} = 0,87 \text{ мм}$$

Так, запропонована схема базування не забезпечує виконання розміру 103H14. Для забезпечення точності розміру 103H14 та за умови використання запропонованої схеми базування необхідно підвищити квалітет розміру 944 до 11:

$$\varepsilon_{\delta_{103}} = T_{944_{H11}} = 0,56 \text{ мм}$$

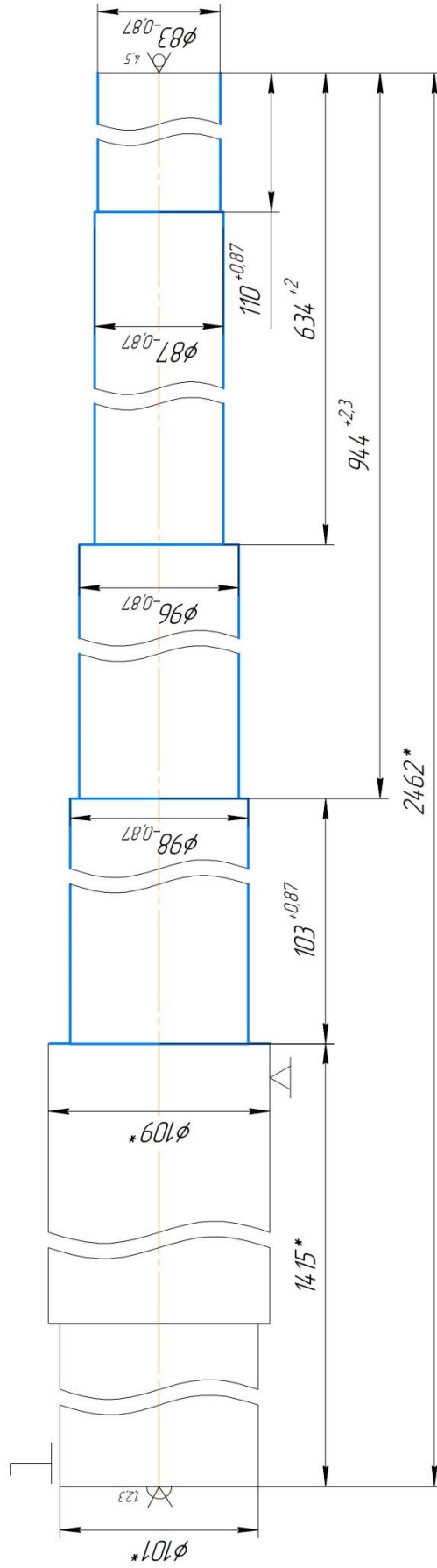
$$\varepsilon_{\delta_{103}} = 0,56 \text{ мм} < T_{103} = 0,87 \text{ мм}$$

Пропонована схема базування забезпечує виконання розміру 103H14.

						Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		



$\nabla Ra\ 6,3$



* Розміри для справок



Рисунок 6.3 – Схема базування і закріплення заготовки на токарній операції з ЧПК

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

Точність діаметральних поверхонь буде забезпечена, тому що обробка заготовки виконується на токарному верстаті зі встановленням у центри і повідковий патроном.

Таким чином, точність розмірів та взаємне розміщення поверхонь будуть витримані на операції.

До всіх оброблювальних поверхонь забезпечується вільний підхід різального інструмента, а установа заготовки у центри з повідковим патроном забезпечує достатню жорсткість під час обробки.

На підставі виконаного аналізу можна зробити висновок, що структура операції складається із одного установа, одного допоміжного та семи технологічних переходів.

6.3 Обґрунтування вибору металорізального устаткування

Обґрунтування вибору металорізального устаткування на фрезерно-центрувальну операцію 025.

У базовому технологічному процесі для фрезерно-центрувальної операції використовують токарний верстат 1М63, що є нераціональним на даній операції. Пропонуємо фрезерно-центрувальний напівавтомат мод. 2Г942.08, який має такі переваги:

- реалізує оброблення поверхонь фрезеруванням та свердлінням;
- одночасно (за один установа) оброблює лівий та правий торець, що підвищує точність;
- габарити верстата дозволяють обробку великих за довжиною та діаметром деталей.
- зменшить час на обробку заготовки.

						Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Основні технічні характеристики верстата 2Г942.08 наведені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Характеристика фрезерно-центрувального верстата моделі 2Г942.08

Найменування характеристики	Величина
Межі довжини оброблюваних деталей, мм	100–2100
Межі діаметрів деталей, що встановлюються в лещатах, мм	20–160
Найбільший діаметр фрезер. мм	150
Найбільший діаметр встановлюваної фрези, мм	200
Межі частот обертання шпинделів, об/хв:	
– свердлильного	159–1588
– фрезерного	130–740
– Межі безступінчастих передач свердлильного шпинделя, мм/хв.	20–2000
Межі безступінчастих подач фрезерного шпинделя, мм/хв.	20–2000
Хід панелі свердлильного шпинделя, мм	100
Габаритні розміри, мм:	5470x1750x2000
маса, кг	8200
Максимальна потужність, кВт:	
– фрезерної бабки	11
– свердлильної бабки	4

Обґрунтування вибору металорізального устаткування на токарну операцію з ЧПК 040.

У базовому технологічному процесі для токарної операції з ЧПК використовують токарний верстат з ЧПК 16P25. Пропонуємо токарний верстат з ЧПК НААС-ST-55, який має такі переваги:

- габарити верстата дозволяють обробку великих за довжиною та діаметром деталей
- має сучасне програмне забезпечення;
- має високу потужність;

						Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

– верстат відповідає високому класу точності, що дозволяє обробляти дуже відповідальні поверхні.

Технічні характеристики верстата моделі HAAS-ST-55, наведені в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Характеристика верстата моделі HAAS-ST-55

Найменування характеристики	Величина
Патрон, мм	648
Максимальна довжина різання, мм	2782
Максимальний діаметр обробки, мм	732
Максимальна потужність, кВт	29,8
Максимальна швидкість, об/хв	1400
Діапазон повздовжніх подач, мм/об	0.038 - 2.3
Діапазон поперечних подач, мм/об	0.015 - 0.9
Кількість інструментів	12-станційний ВОР
Габарити	6460 x 2420 x 2670
Вага, кг	13563

6.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, ріжучого та вимірювального інструменту

Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, ріжучого та вимірювального інструменту на фрезерно-центрувальну операцію 025.

При виборі оснащення перевага віддається стандартній, що пов'язано з тим, що деталь випускається в умовах дрібносерійного виробництва.

Різальний інструмент:

					Арк.
					31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	

РІ1: Фреза з твердосплавними пластинами марки Т15К6 діаметром $D = 200$ мм з числом зубів $z = 12$. Позначення: Фреза 2114-0277 Т15К6 ГОСТ 26595-85 (2 штуки).

РІ2: Свердло центрувальне типу В діаметром $d = 6.3$ мм, з швидкорізальної сталі Р6М5. Позначення: Свердло 2117-0169 Р6М5 ГОСТ 14952-75 (2 штуки).

Для РІ1 та РІ2:

Патрон трьохкулачковий з ключем типорозміру 20, з конусним отвором В22. Позначення: Патрон 20-В22 ГОСТ 8522-79 (2 штуки).

Спеціальне пристосовування – дві пневмокамери двухсторонньої дії з ГОСТ 15608-81.

Оправка з конічним хвостовиком Морзе 4, діаметром $d = 50$ мм, довжиною $l = 34$ мм. Позначення: Оправлення 6120-0030 ГОСТ 13788-68 (2 штуки).

Оправка з к Морзе 4 для свердлильних патронів з конусним отвором В22. Позначення: Оправлення 6019-0018 ГОСТ 2682-86 (2 штуки).

Штангенциркуль ШЦ-III-700-2000-0,1-1 ГОСТ 166-89.

Калібр спеціальний В10.

Зразки шорсткості ГОСТ 9378-93.

Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, ріжучого та вимірювального інструменту на токарну операцію з ЧПК 040.

Патрон повідковий токарний діаметром $D = 315$ мм, виконання 2. Позначення: Патрон 7108-0026 ГОСТ 2571-71.

Хомутик повідковий для токарних робіт для затискаємо виробів діаметром від 100 до 130 мм, виконання 2. Позначення: хомутик 7107-0048 ГОСТ 2578-70.

Центр завзятий виконання 1 нормальної точності з конусом Морзе 6. Позначення: Центр 7032-0043 Морзе 6 ГОСТ 13214-79.

Центр верстатний обертається типу А, виконання 1 з конусом Морзе 5, нормальної серії. Позначення: Центр А-1-5-Н ГОСТ 8742-75.

						Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Масильно-охолоджуюча рідина:

Масильно-охолоджуюча рідина МР-7 ОСТ 38.01445-88

Ріжучий інструмент:

Різець токарний з механічним кріпленням, підтисканням важелем через отвір твердосплавних ромбічної пластинки з ріжучою кромкою 12,9 мм і кутом в плані 95°, довжиною 150 мм. Позначення: Різець PCLNR 2525-M12 T5K10.

Вимірювальний інструмент вибирається з урахуванням розмірів, їх точності та трудомісткості вимірювання заготовки, типу виробництва.

Міряльний інструмент:

Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89.

Штангенциркуль ШЦ-II-250-800-0,1-1 ГОСТ 166-89.

6.5 Визначення режимів різання

Розрахунок режимів різання для фрезерно-центрувальної операції 025.

Вихідні дані:

- оброблювані поверхні: L2462h12(торці), центр. отв В6.3 (Ra = 6,3 мм);
- оброблюваний матеріал: сталь 40Х;
- заготовка – прокат;
- верстат фрезерно-центрувальний мод. 2Г942.08.

Для фрезерування торців використовуємо фрезу за ГОСТ 26595-85:

$D = 200$ мм – діаметр фрези, $z = 12$ – число зубів фрези.

Визначмо глибину різання.

Глибина різання під час фрезерування повинна буде дорівнювати різниці розмір L2462 мм, а довжина заготовки L2468 мм, поділено на дві сторони. Звідси маємо, що глибина різання дорівнює: $t = (2468-2462) / 2 = 3$ мм.

						Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Подача.

Визначимо подачу на зуб за умови, що фреза виготовлена з Т15К6 ГОСТ 26595-85 та потужності верстата 11 кВт. Звідси за [4, ст. 283, табл. 33] подача на зуб врезі $sz = 0,13$

Швидкість різання при фрезеруванні:

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

де $T = 185$ хв - період стійкості фрези;

$B = 138$ мм – ширина фрезерування;

$t = 3$ мм – глибина фрезерування;

$sz = 0,13$ мм – подача однією зуб при фрезеруванні;

$C_v = 41$; $q = 0,25$; $m = 0,2$; $x = 0,1$; $y = 0,4$; $u = 0,15$; $p = 0,1$ [4];

K_v – коефіцієнт поправки.

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Пv} \cdot K_{Иv}$$

$K_{Mv} = K_\Gamma \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v}$ – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив

фізико-механічних властивостей матеріалу, що обробляється;

$\sigma_B = 600$ МПа – допустима напруга розтягу матеріалу ;

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

$$K_v = 0,8 \left(\frac{750}{600}\right)^1 = 1$$

$$V = \frac{41 \cdot 200^{0,25}}{180^{0,2} \cdot 3^{0,1} \cdot 0,13^{0,4} \cdot 138^{0,15} \cdot 12^{0,1}} \cdot 1 = 42 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання фрези:

					Арк.
					34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D}$$

D – діаметр фрези;

v – швидкість фрезерування.

$$n = \frac{1000 \cdot 42}{\pi \cdot 200} = 66 \text{ об/хв.}$$

Обираємо по паспорту станка: $n = 130$ об/хв.

Тоді фактична швидкість різання буде:

$$V_{\text{фак}} = \frac{\pi \cdot 200 \cdot 130}{1000} = 61,64 \text{ м/хв.}$$

Сила різання при фрезеруванні:



$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z}{D^q \cdot n^\omega} \cdot K_{Mp}$$

де $K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n$ - поправочний коефіцієнт, що враховує вплив

якості матеріалу, що обробляється на силові залежності;

$\sigma_B = 600$ МПа – допустима напруга розтягу матеріалу заготовки;

n – частота обертання інструмента;

$C_p = 82,2$; $x = 0,95$; $y = 0,8$; $u = 1,1$; $q = 1,3$; $\omega = 0,2$; $n = 0,3$. [4];

$$K_{Mp} = \left(\frac{600}{750}\right)^{0,3} = 0,94$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 82,2 \cdot 8^{0,95} \cdot 0,15^{0,8} \cdot 78^{1,1} \cdot 12}{200^{1,3} \cdot 130^{0,2}} \cdot 0,94 = 437,63 \text{ Н.}$$

Потужність різання:

$$N_e = \frac{2P_z \cdot v}{1020 \cdot 60}$$

						Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

де $2P_z$ - сила різання при фрезеруванні двох торців ;
 v – швидкість фрезерування.

$$N_e = \frac{2 \cdot 437,63 \cdot 42}{1020 \cdot 60} = 0,6 \text{ кВт.}$$

Потужності верстата достатньо.

Для центрування беремо свердло ГОСТ 14952-75: $D = 6.3$ мм.

Швидкість різання при свердлінні:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v$$

де $D = 6.3$ мм – діаметр свердла;

$s = 0,18$ мм/об – подача;

$T = 50$ хв - період стійкості свердла;

$C_v=7,0; q=0,40; y=0,7; m=0,2; x=0$

K_v – коефіцієнт поправки.

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Пv} \cdot K_{Иv}$$

Де $K_{Mv} = K_\Gamma \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}$ – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив фізико-механічних властивостей матеріалу, що обробляється;

$\sigma_B = 600$ МПа – допустима напруга розтягу матеріалу заготовки;

$K_\Gamma = 1,0; n_v = 0,9; K_{Пv} = 1,0; K_{Иv} = 1,0.$

$$K_v = 1 \left(\frac{750}{600} \right)^{0,9} = 1,22$$

$$V = \frac{7 \cdot 6,3^{0,4}}{50^{0,2} \cdot 0,18^{0,7}} \cdot 1,22 = 27 \text{ м/хв.}$$

						Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Частота обертання свердла:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} \quad (6.1)$$

де D – діаметр свердла;

v – швидкість сверління.

$$n = \frac{1000 \cdot 27}{\pi \cdot 10} = 860 \text{ об/хв.}$$

Обираємо по паспорту станка: $n = 1100$ об/хв..

Тоді фактична швидкість різання буде:

$$V_{\text{фак}} = \frac{\pi \cdot 10 \cdot 1100}{1000} = 34,54 \text{ м/хв.}$$

Крутний момент при свердлінні:

$$M_{kp} = 10 \cdot C_M \cdot K_p \cdot D^q \cdot s^y$$

де D – діаметр свердла;

s – подача під час свердління;

K_p - коефіцієнт;

$$K_p = K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_D}{750} \right)^n$$

де $\sigma_D = 600$ МПа – допустима напруга розтягу матеріалу заготовки;

$n = 0,75$; $C_M = 0,0345$; $q = 2,0$; $y = 0,8$.

$$K_p = K_{Mp} = \left(\frac{600}{750} \right)^{0,75} = 0,85$$

						Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 0,85 \cdot 6,3^2 \cdot 0,18^{0,8} = 0,034 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Осьова сила при свердлінні:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot K_p \cdot D^q \cdot s^y$$

де D – діаметр свердла;

s – подача під час свердління;

$K_p = 0,85$ - коефіцієнт, що враховує умови обробки;

де $\sigma_B = 600$ МПа – допустима напруга розтягу матеріалу заготовки;

$C_p = 68$; $q = 1,0$; $y = 0,7$.

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 0,85 \cdot 6,3^1 \cdot 0,15^{0,7} = 2414,7 \text{ Н.}$$

Потужність різання:

$$N_e = \frac{2M_{кр} \cdot n}{9750}$$

де $2M_{кр}$ - крутний момент при свердлінні двох центрових отворів одночасно;

n – частота обертання свердла.

$$N_e = \frac{2 \cdot 0,034 \cdot 1100}{9750} = 0,007 \text{ кВт.}$$

Потужності верстата достатньо.

Розрахунок режимів різання для токарної операції з ЧПК 040.

Виконаємо розрахунок режимів різання на перший перехід токарної операції з ЧПК 040, а саме обточування зовнішньої циліндричної ступені діаметром 83h14.

Вихідні дані.

						Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Оброблювана поверхня: циліндрична ступінь заготовки діаметром 90 мм.
Матеріал заготовки – сталь 40Х ГОСТ 4543-71.

Діаметр заготовки– 90 мм.

Діаметр заготовки після обробки – 83 мм.

Довжина обробки – 110 мм.

Шорсткість поверхні – Ra = 6,3 мкм.

Верстат – токарний з ЧПК HAAS-ST-55.

Різець токарний з механічним кріпленням пластини, підтисканням важелем через отвір твердосплавних ромбічної пластинки з ріжучої кромкою 12,9 мм і кутом в плані 95°, довжиною 150 мм. Позначення: Різець PCLNR 2525-M12 T5K10.

Визначимо припуск на обробку та глибину різання:

$$Z = (D_з - D_д) / 2 = (90 - 83) / 2 = 3,5 \text{ мм},$$

де $D_з, D_д$ – діаметри заготовки до і після обробки, мм.

$$t = Z / i = 3,5 / 2 = 1,75 \text{ мм},$$

де i – кількість проходів.

Табличне значення подачі різця залежно від шорсткості оброблюваної поверхні 6,3 мкм Ra та радіусу при вершині різця $r = 1$ мм [7]:
 $S_T = 0,55$ мм/об.

Подача з урахуванням матеріал заготовки [7]:

$$S = S_T \cdot K_M \cdot K_\phi,$$

де $K_M = 0,45$ – поправочний коефіцієнт, що залежить від матеріалу заготовки ($\sigma_B = 600$ МПа).

						Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$K_\phi = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує вплив головного кута в плані різця $\phi = 45^\circ$.

$$S = 0,55 \cdot 0,45 \cdot 1,0 = 0,25 \text{ мм/об.}$$

$$S_{\text{п}} = 0,25 \text{ мм/об.}$$

Швидкість різання при обробці загартованої сталі різцями з твердого сплаву [7]:

$$V = V_T \cdot K_t \cdot K_{Rz} \cdot K_{\text{и}} \cdot K_\phi \cdot K_{\text{охл}},$$

де $V_T = 145 \text{ м/хв}$ – табличне значення швидкості різання при обробці сталі на подачах різця до $0,25 \text{ мм/об}$;

$K_t = 1,0$ – поправочний коефіцієнт глибини різання $t = 1,0 \text{ мм}$;

$K_{Rz} = 1,0$ – поправочний коефіцієнт шорсткості обтачуваної поверхні $6,3 \text{ мкм Ra}$;

$K_{\text{и}} = 0,83$ – поправочний коефіцієнт, що враховує марку сплава різця Т5К10;

$K_{\text{охл}} = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує наявність охолодження при точінні.

Швидкість різання:

$$V = 145 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,83 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 120,4 \text{ м/хв.}$$

Визначимо частоту обертання шпинделя верстата за формулою (6.1):

$$n = (1000 \cdot 120,4) / (\pi \cdot 83) = 461,9 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо частоту обертання шпинделя верстата – 500 об/хв.

Фактичну швидкість різання:

						Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$V = (\pi \cdot D \cdot n) / 1000.$$

$$V = (\pi \cdot 83 \cdot 500) / 1000 = 130,3 \text{ м/хв.}$$

Сила та потужність різання [7]:

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

де $C_p = 204$ – для зовнішнього точіння твердосплавними різцями

$$x = 1,0;$$

$$y = 0,75;$$

$$n = 0;$$

$$K_p = K_{\text{мр}} \cdot K_{\text{фр}} \cdot K_{\text{гр}} \cdot K_{\lambda\text{р}} \cdot K_{\text{гр}},$$

$K_{\text{фр}} = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує головний кут в плані;

$K_{\text{гр}} = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує передній кут;

$K_{\lambda\text{р}} = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує кут нахилу головної ріжучої кромки різця;

$K_{\text{гр}} = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує радіус при вершині різця.

$$K_p = 0,85 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,85.$$

$$P_z = 10 \cdot 204 \cdot 1,16^1 \cdot 0,25^{0,75} \cdot 130,3^0 \cdot 0,85 = 642,6 \text{ Н.}$$

Потужність різання:

$$N_p = (P_z \cdot V) / (60 \cdot 1020) = (642,6 \cdot 130,3) / (60 \cdot 1020) = 1,36 \text{ кВт.}$$

					Арк.
					41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	

Потужність верстата з урахуванням потужності двигуна приводу головного руху $N_d = 29,8$ кВт та ККД $\eta = 0,85$:

$$N_{ст} = N_{дв} \cdot \eta = 29,8 \cdot 0,85 = 25,33 \text{ кВт} > N_p = 1,36 \text{ кВт}.$$

Визначені режими різання можуть бути реалізовані на даному верстаті.

Визначимо машинний час обробки на переході:

$$T_o = L \cdot i / (S_p \cdot n),$$

де $L = (l_b + l + l_{пер})$ – довжина обробки заготовки на даному переході враховуючи довжину врізання та перебігу інструменту;

$l = 240$ мм – довжина оброблюваної поверхні, мм;

$l_b = 3$ мм – довжина врізання;

$l_{пер} = 3$ мм – довжина перебігу.

$$T_o = (115 + 3 + 3) \cdot 2 / (0,25 \cdot 500) = 1,9 \text{ хв}.$$

В результаті розрахунків маємо елементи режимів різання: $t = 1,16$ мм; $S = 0,25$ мм/об; $V = 130,3$ м/хв; $n = 500$ об/хв; $T_{o1} = 1,9$ хв.

6.6 Технічне нормування операції

Технічне нормування фрезерно-центрувальної операції 025.

Згідно з [4] норму штучно-калькуляційного часу на операцію визначають за формулою:

$$t_{шт.к} = t_{шт} + t_{п.з} / n, \quad (6.3)$$

					Арк.
					42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	

де $t_{шт}$ – норма штучного часу, хв.;

$t_{п.з}$ – підготовчо-завершальний час, хв.;

n – кількість деталей в партії, шт.

В свою чергу, штучний час дорівнює:

$$t_{шт} = t_o + t_d + t_{обс} + t_{вдп}, \quad (6.4)$$

де t_o – основний час на операцію, хв.;

t_d – допоміжний час на операцію, хв.;

$t_{обс}$ – час на технічне та організаційне обслуговування робочого місця, хв.;

$t_{вдп}$ – час на відпочинок та особисті потреби робітника, хв.

Допоміжний час на операцію згідно з [5] визначають за формулою:

$$t_d = t_{уст} + t_{пр} + t_{вим}, \quad (6.5)$$

де $t_{уст}$ – час на установку, закріплення, розкріплення заготовки, хв.;

$t_{пр}$ – час, що витрачається на керування верстатом, хв.;

$t_{вим}$ – час на контрольні вимірювання, хв.

Час на обслуговування робочого місця та відпочинок робітника визначають за формулою:

$$t_{обс} + t_{вдп} = (t_o + t_d) \cdot [(\alpha + \beta) / 100], \quad (6.6)$$

де α , β – відповідно, норми часу на обслуговування робочого місця та відпочинок робітника у % від оперативного часу [4].

В п. 5.4 цієї роботи визначені елементи режимів різання й основний час по переходах на операцію в цілому. Відповідно $t_{о\sum} = 6,6$ хв.

До складу допоміжного часу входить:

$t_{уст} = 5$ хв. – час на установку, закріплення, зняття заготовки за умови використання центрів з установкою гайки, контргайки й повідка;

$t_{уп} = 0,79$ хв. – допоміжний час на керування верстатом;

$t_{вим} = 1$ хв. – час на вимірювання.

						Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$t_d = 5 + 0,79 + 1 = 6,79 \text{ хв.}$$

Додатковий час на обслуговування робочого місця і відпочинок робочого визначаємо як 6% от оперативного часу:

$$t_{обс} + t_{вдп} = (6,3 + 6,79) \cdot [6/100] = 0,72 \text{ хв.}$$

Таким чином, штучний час становить:

$$t_{шт} = 6,3 + 6,79 + 0,72 = 13,78 \text{ хв.}$$

Підготовчо-завершальний час на операцію становить [5]:

$$t_{п.з} = 14 + 6 = 20 \text{ хв.}$$

Тоді штучно-калькуляційний час становить

$$t_{шт.к} = 13,78 + 20/11 = 14,59 \text{ хв.}$$

Технічне нормування токарної операції з ЧПК 040

В п. 6.5 цієї роботи визначено основний час на третій перехід токарної операції з ЧПК 040: $t_{o1} = 1,9$ хв.

Основний час на інших переходах розглянутої операції визначаємо за допомогою режимів різання, що визначені табличним методом [7] і введені в таблицю 6.3.

									Арк.
									44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата					

Таблиця 6.3 – Елементи режимів різання на операцію 040

№ пере- хода	Зміст переходу	Елементи режимів різання						
		D _{обр} , мм	L, мм	t, мм	i	S _п , мм/об	n, об/хв	V, м/хв
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	Точити зов. циліндричну поверхню d83	90	8	2	1	0,25	500	130,3
3	Точити ступінь d83	90	567	1	2	0,25	500	130,3
4	Точити ступінь d96	102	16	3	2	0,25	500	146,4
5	Точити зов. циліндричну поверхню d96	102	896	3	2	0,25	500	146,4
6	Точити ступінь d98	104	14	3	2	0,25	500	149,8
7	Точити зов. циліндричну поверхню d98	104	106	3	2	0,25	500	149,8

Для зазначених режимів різання визначимо основний час t_0 :

$$t_{02} = (3+8+3) \cdot 1 / (0,25 \cdot 500) = 0,112 \text{ хв.},$$

$$t_{03} = (3+567+3) \cdot 2 / (0,25 \cdot 500) = 9,168 \text{ хв.},$$

$$t_{04} = (4+16+4) \cdot 2 / (0,25 \cdot 500) = 0,384 \text{ хв.}$$

$$t_{05} = (4+896+4) \cdot 2 / (0,25 \cdot 500) = 14,464 \text{ хв.}$$

$$t_{06} = (3+14+3) \cdot 2 / (0,25 \cdot 500) = 0,32 \text{ хв.}$$

$$t_{07} = (3+106+3) \cdot 2 / (0,25 \cdot 500) = 1,792 \text{ хв.}$$

Основний час на операцію складатиме:

$$t_0 = 0,112+9,168+0,384+14,464+0,32+1,792+1,9 = 28,14 \text{ хв.}$$

						Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Визначимо допоміжний час на операцію за формулою (6.5), де $t_{уст} = 0,75$ хв., $t_{пр} = 0,37$ хв., $t_{вим} = 0,63$ хв.:

$$t_d = 0,75 + 0,37 + 0,63 = 1,75 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця та відпочинок робочого (6.6):

$$t_{обс} + t_{вдп} = (28,14 + 1,75) \cdot (5 + 4) / 100 = 2 \text{ хв.}$$

Таким чином, штучний час (6.5) складає:

$$t_{шт} = 28,14 + 1,75 + 2 = 31,89 \text{ хв.}$$

Підготовчо-завершальний час на операцію згідно з [6] становить $t_{п.з} = 34$ хв.

Штучно-калькуляційний час на операцію (6.3):

$$t_{шт.к} = 31,89 + 34/11 = 34,96 \text{ хв.}$$

						Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

7 ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ

На свердлильній операції виконується свердління 4-ох отворів на торці деталі «Вал РН19.013.020.01», після чого нарізується чотири різі М8-6Н. Так, як дана деталь є однією з відповідальних деталей ротору, що входить до складу відцентрового насосу, тому для неї ставляться високі вимоги щодо точності розмірів, форми та розташування поверхонь. Для виконання даних вимог деталь базується в двох призмах із призматичною опорою, так як такий спосіб виключає похибку базування.

Для полегшення трудомісткості виконання даної операції замість використання силового затиску деталі, будемо використовувати закріплення за допомогою двох пневмокамер односторонньої дії.

На свердлильній операції формуються два типи розміру (див. рис. 7.1): лінійний ($L = 16$ мм), і діаметральний ($\varnothing 6,7H6$) на діаметрі 47 мм (4 отвори).

Знаходимо значення допуску:

$$T_{\varnothing 6,7} = 9 \text{ мкм};$$

$$T_{16} = 16 \pm 1.$$

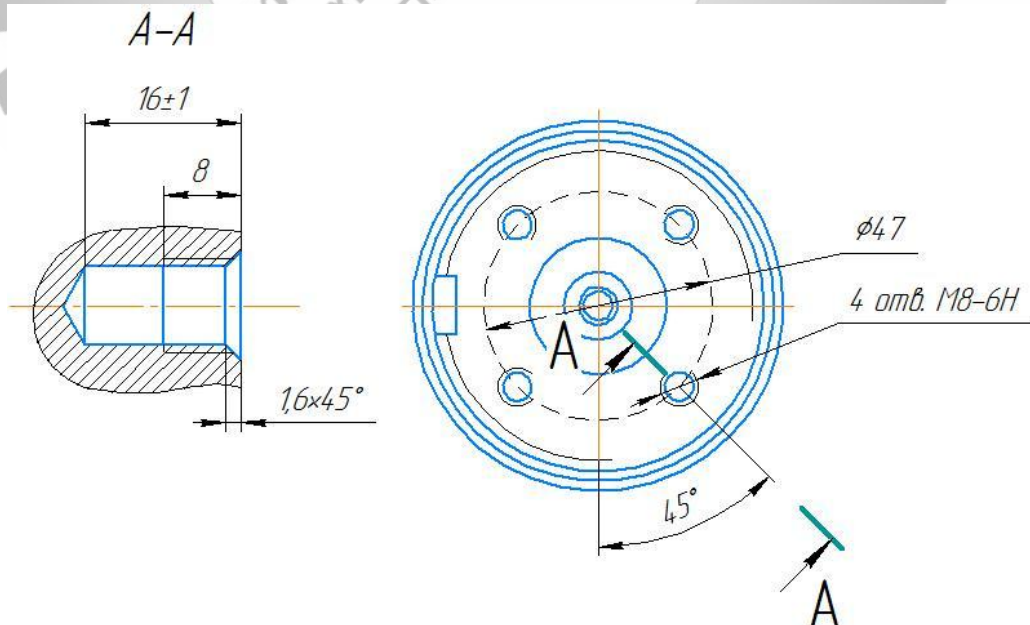


Рисунок 7.1 – Ескіз деталі

					Арк.
					47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	

Точність форми оброблюваних поверхонь

Похибка форми циліндричної поверхні $\varnothing 6,7H6$ характеризуються відхилення від круглості та циліндричності (ГОСТ 24642-81) і нормується за ГОСТ 24643-81. Оскільки розглянута поверхня на кресленні не містить допуск форми, то для рівня геометричної точності А(нормальна точність) незазначений допуск циліндричності та круглості приймаємо орієнтовно в межах 30% від допуску на діаметр.

$$T = 0,3 \cdot T_{\varnothing 6,7} = 0,3 \cdot 9 = 2,7 \text{ (мкм)}$$

Приймаємо найближче стандартне значення допуску циліндричності та круглості: $T_{\varnothing 6,7} = 2,5$ (мкм), що відповідає 5 ступеню точності

Точність розташування оброблюваних поверхонь

Розглянемо допуск паралельності осі отворів до осі деталі ($\varnothing 6,7H6$):

$$T_{\varnothing 6,7} = 9 \text{ мкм}$$

Значення в межах допуску на розмір 60%.

$$T = 0,6 \cdot T_{\varnothing 6,7} = 0,6 \cdot 9 = 5,4 \text{ (мкм)}$$

Найближче стандартне значення $T=6$ мкм, що відповідає 7 ступеню точності.

Шорсткість оброблюваних поверхонь

Шорсткість оброблюваних поверхонь, що зазначена на кресленні, має значення $Ra = 3,2$ мкм.

Оскільки після операції свердління також нарізується різь М8-6Н, то кількісні та якісні результати виконання данної операції згідно з ГОСТ 16093-2004.

						Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Оскільки для обробки деталі «Вал РН19.013.020.01», застосовуємо опорні призми з упором в торець, то базовою поверхнею може виступати циліндрична поверхня $\varnothing 90h6$ та лівий торець $\varnothing 75k6$.

Точність розмірів базових поверхонь
Знаходимо допуск на вище зазначений розмір.

$$T_{\varnothing 90} = 22 \text{ (мкм)}$$

$$T_{\varnothing 75} = 19 \text{ (мкм)}$$

Це означає, що діаметр базового розміру виконаний з параметрами:

$$\varnothing 90h6(-0,022)$$

$$\varnothing 75k6\left(\begin{matrix} +0,021 \\ +0,002 \end{matrix}\right)$$

Точність форми базових поверхонь

Похибка форми поверхні $\varnothing 90h6$ характеризується відхиленням від круглості та циліндричності. Оскільки допуск циліндричності та круглості не вказано в технічних вимогах і на кресленні деталі, то він може бути встановлений у межах допуску на розмір:

$$T_{\varnothing 90} = 0,3 \cdot 22 = 6,6 \text{ мкм}$$

Беремо найближче стандартне значення допуску циліндричності та круглості.

$$T_{\varnothing 90} = 6 \text{ мкм,}$$

що відповідає 5 ступеню точності [8, с. 110].

						Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Похибка форми поверхні $\varnothing 75k6$ характеризується відхиленням від круглості та циліндричності. Оскільки допуск циліндричності та круглості не вказано в технічних вимогах і на кресленні деталі, то він може бути встановлений у межах допуску на розмір:

$$T_{\varnothing 75} = 0,3 \cdot 19 = 5,7 \text{ мкм}$$

Беремо найближче стандартне значення допуску циліндричності та круглості.

$$T_{\varnothing 75} = 6 \text{ мкм,}$$

що відповідає 5 ступеню точності [8, с. 110].

Точність розташування базових поверхонь

Розглянемо можливі похибки по радіальному биттю поверхні $\varnothing 90h6$: на кресленні задано значення радіального биття цієї поверхні.

$$T_{\varnothing 90} = 0,03 \text{ мм} = 30 \text{ мкм}$$

відповідного до стандартного ряду:

$$T_{\varnothing 90} = 40 \text{ мкм, що відповідає 7 ступеню точності.}$$

Розглянемо можливі похибки по радіальному биттю поверхні $\varnothing 75k6$: на кресленні задано значення радіального биття цієї поверхні.

$$T_{\varnothing 75} = 0,03 \text{ мм} = 30 \text{ мкм}$$

відповідного до стандартного ряду:

$$T_{\varnothing 75} = 40 \text{ мкм, що відповідає 7 ступеню точності.}$$

Шорсткість базових поверхонь

Шорсткість поверхонь, зазначена на кресленні, і має такі значення:

Для $\varnothing 90h6$ та $\varnothing 75k6$ вона становить $Ra = 1,6 \text{ мкм}$.

Вибір базової поверхні, що позбавляє найбільшої кількості ступенів вільності

						Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Із усього комплексу поверхонь, що утворюють заготовку, на базову поверхню може претендувати циліндрична поверхня $\varnothing 90h6$. На її користь свідчить таке:

- вона найбільш точно оброблена: IT6, $T_{\varnothing 90} = 22$ мкм;
- вона досить чисто оброблена: шорсткість її поверхонь $Ra = 1,6$ мкм;
- при базуванні заготовки по даній поверхні похибка базування дорівнює нулю, так як технологічна база і вимірювальна збігаються.

Крім того, застосування цієї поверхні як базової не перешкоджає доступу інструментів до оброблюваних поверхонь.

Циліндрична поверхня $\varnothing 90h9$, будучи прийнятою в якості базової, позбавляють заготовку чотирьох ступенів свободи.

І для позбавлення п'ятої ступені волі, ми використовуємо у вигляді опорної бази призму з упором в лівий торець $\varnothing 75h9$. Забезпечує позиційний допуск розташування отриманого отвору. Дана схема базування показана на рисунку 7.2.

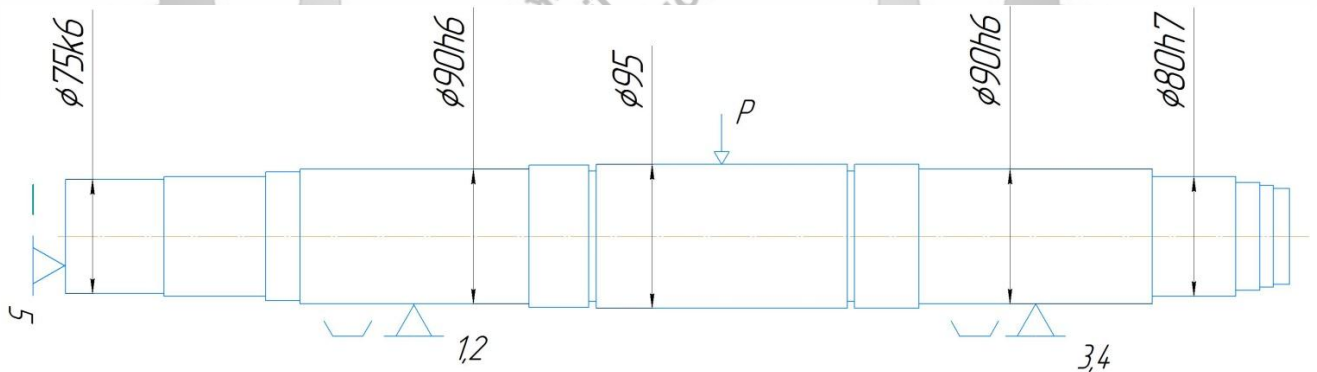


Рисунок 7.2 – Схема базування

Таблиця 7.1 – Індеси та номери зв'язків

Індекс координати		x	x'	y	y'	z	z'	ω_x	ω'_x	ω_y	ω'_y	ω_z	ω'_z
Спосіб реалізації	Реакція	-	R	R	R	-	R	-	-	R	R	R	R

Розрахунок сил затиску

З умови неперворота заготовки для циліндричної заготовки діаметром бази D встановленої в призмі з кутом α і навантаженої крутним моментом сила закріплення W визначається за формул $W=W_1 + W_2$

$$W = \frac{2 \cdot K \cdot M_{KP}}{D \cdot \left(f_2 + \frac{f_1}{\sin \frac{\alpha}{2}} \right)}$$

де

K - коефіцієнт запасу; ([8], с.382-384)

M_{ED} - крутний момент, діючий на заготовку під час свердління, Н·м;

D - діаметр заготовки, $D = 90$ мм;

f_1, f_2 - коефіцієнти тертя відповідно в місцях контакту заготовки з опорами і затискними елементами, при контакті обробленої заготовки з опорами і затискними елементами пристосування $f_1 = f_2 = 0,16$.

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6.$$

Коефіцієнт запасу K вводять в формули при обчисленні сили P_3 для забезпечення надійного закріплення заготовки:

де

K_0 - коефіцієнт гарантованого запасу, $K_0 = 1,5$;

K_1 - коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання через випадкових нерівностей на оброблюваних поверхнях, для чистової обробки $K_1 = 1,0$;

K_2 - коефіцієнт, що характеризує збільшення сил різання внаслідок затуплення різального інструменту $K_2 = 1,3$.

K_3 - коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання при переривчастому точінні і торцевому фрезеруванні $K_3 = 1,0$;

						Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

K_4 - коефіцієнт, що характеризує сталість сили закріплення, при використанні пневмоциліндрів подвійної дії $K_4 = 1,0$;

K_5 - коефіцієнт, що характеризує ергономіку ручних затискних механізмів, $K_5 = 1,0$;

K_6 - коефіцієнт враховують тільки при наявності моментів, що діють на поворот заготовки $K_6 = 1,0$,

$$K = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,95.$$

Оскільки розрахункове значення коефіцієнта запасу K виявилось менше 2,5, приймаємо значення $K = 2,5$.

Крутний момент, діючий на заготовку під час свердління, визначається за формулою [3, с.277]:

$$M_{KP} = 10 \cdot C_M \cdot D_{cv}^q \cdot S^y \cdot K_p$$

де

C_M - коефіцієнт [3, с.281]; $C_M = 0,0345$;

q, y - показники ступеня [3, с.281]; $q = 2,0$; $y = 0,8$;

D_{cv} - діаметр свердла [3, с.281]; $D_{cv} = 6,7$ мм;

S - подача під час свердління [3, с.281]; $S = 0,1$ мм / об;

K_δ - поправочний коефіцієнт, що враховує фактичні умови обробки, в даному випадку залежить тільки від якості оброблюваного матеріалу і визначається виразом $K_\delta = K_{MP}$:

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

де σ_B - тимчасовий опір, $\sigma_B = 655$ МПа;

					Арк.
					53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	

n -показник ступеня, $n = 0,75$ [8].

$$K_{MP} = \left(\frac{655}{750} \right)^{0,75} = 0,90.$$

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

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 6,7^{2,0} \cdot 0,1^{0,8} \cdot 0,9 = 2 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Підставивши розраховане значення обертового моменту в формулу, визначаємо силу закріплення W_1

$$W = \frac{2 \cdot 2,5 \cdot 2}{0,090 \cdot \left(0,16 + \frac{0,16}{\sin \frac{90^\circ}{2}} \right)} = 288 \text{ Н.}$$

З умови нерухомості циліндричної заготовки діаметром бази D встановленої в призмі з кутом α і навантаженої осьюовою силою сила закріплення $P_{з2}$ визначається за формулою:

$$W = \frac{K \cdot P_0}{f_1 + \frac{f_2}{\sin \frac{\alpha}{2}}}$$

де

P_0 -осьова сила при свердлінні, Н.

Осьова сила, що діє на заготовку під час свердління, визначається за формулою [8, с.277]:

$$P_0 = 10 \cdot C_P \cdot D_{св}^q \cdot S^y \cdot K_p$$

де

C_P -коефіцієнт, $C_M = 68$;

q, y -показники ступеня, $q = 1,0$; $y = 0,7$;

$$P_0 = 10 \cdot 68 \cdot 6,7^{1,0} \cdot 0,1^{0,7} \cdot 0,9 = 818 \text{ Н.}$$

					Арк.
					54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	

Підставивши розраховане значення осьової сили в формулу визначаємо силу закріплення:

$$W = \frac{2,5 \cdot 818}{0,16 + \frac{0,16}{\sin \frac{90^\circ}{2}}} = 5294 \text{ Н.}$$

У зв'язку з тим, що на заготовку діють крутні моменти та осьва сила, то сила закріплення дорівнює сумі сил закріплення при навантаженні заготовки крутним моментом та осьовою силою:

$$W = 288 + 5294 = 5582 \text{ Н}$$

Обґрунтування вибору привода

У зв'язку з тим, що заготовка довга, то для її закріплення приймаємо два пневмопривода (необхідну силу закріплення ділимо на два), а так, як в спроектованому пристрої є механізм підсилювача величини сили затиску заготовки, то сила затиску (Рисунок 8.3) визначається за формулою [9, с. 94]:

$$Q = \frac{\pi(D + d^2) \cdot \rho \cdot \eta}{16} - Q_1$$

де

l_1 -довжина плеча притиску;

l_2 -довжина прихвата.

$Q_1 = 150 \text{ Н.}$

$\eta = 0,9$

$\rho = 0,4 \text{ МПа}$

$d = 0,7D$

					Арк.
					55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	

$$W \cdot l_1 = Q \cdot l_2$$

Щоб виграти в силі ми беремо відношення l_2 в до $l_1:=2$.
Виражаємо з рівня рівноваги моментів силу затиску:

$$Q = W \cdot l_1/l_2 = 0,5 \cdot W$$

Із формули сили затиску визначаємо D :

$$D = \frac{\pi (1,7D)^2 \cdot \rho \cdot \eta}{16} - Q_1 = \sqrt{\frac{16(Q + Q_1)}{\pi \cdot \rho \cdot \eta}} = \sqrt{\frac{16(W/2 + Q_1)}{\pi \cdot \rho \cdot \eta}}$$

$$D = \sqrt{\frac{16(5582/2 + 150)}{\pi \cdot 0,4 \cdot 0,9}} = 120 \text{ мм.}$$

Приймаємо стандартний діаметр стаціонарної пневмокамери [4, с. 93]: $D = 125 \text{ мм.}$

$$d = 0,2 \cdot D = 0,2 \cdot 125 = 25 \text{ мм.}$$

У зв'язку з обраним фактичним діаметром пневмокамери, розраховуємо фактичну силу на штоці:

$$Q_{\Phi} = \frac{\pi \cdot (1,7D)^2 \cdot \rho \cdot \eta}{16} - Q_1$$

$$Q_{\Phi} = \frac{\pi \cdot (1,7 \cdot 125)^2 \cdot 0,4 \cdot 0,9}{16} - 150 = 3040 \text{ Н}$$

						Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

З цього виходить що фактична сила закріплення дорівнює:

$$W_d = Q / \frac{l_1}{l_2} = 3040 / 0,5 = 6080 \text{ Н.}$$

Точнісні розрахунки

У нашому випадку до розрахункових параметрів варто віднести точність взаємного розміщення основних та допоміжних конструкторських баз пристрою, а саме відхилення від паралельності робочої поверхні призм поз. 2 та 3, що формує подвійну направляючу базу при базуванні заготовки, відносно опорної поверхні плити позиції 7 (якою пристосування встановлюється на стіл верстата). Цей параметр є однорідним з похибкою, що обумовлена допустимим відхиленням від паралельності оброблюваних отворів:

$$T_1 = 0,3 \cdot T_{\phi 6,7H6} = 0,3 \cdot 0,09 = 0,027 \text{ мм.}$$

Визначимо допустиму похибку виготовлення верстатного пристрою за формулою [5, с.26]:

$$E_{np} = T_{\perp} - K_m \sqrt{(K_{m1} \cdot \varepsilon_{\phi})^2 + \varepsilon_z^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_n^2 + \varepsilon_{zn}^2 + (K_{m2} \cdot \omega)^2 + \varepsilon_{noz}^2} ,$$

де $T_{\perp} = 27 \text{ мкм}$;

K_T - коефіцієнт враховуючий можливе відхилення розсіювання значень складових величин рівняння від нормального закону розподілення. $K_T = 1,2$;

						Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

K_{T_1} - коефіцієнт враховуючий зменшення граничних значень похибки базування при роботі на налаштованих верстатах. $K_{T_1} = 0,85$;

ϵ_6 - похибка базування, не впливає на формування похибки паралельності.

$\epsilon_6 = 0$ мкм;

ϵ_3 - похибка закріплення, не впливає на формування похибки паралельності, тому що сили закріплення розподіляються симетрично. $\epsilon_3 = 0$ мкм;

ϵ_y - похибка встановлення, не впливає на формування похибки паралельності.

$\epsilon_y = 0$ мкм;

ϵ_n - похибка встановлення та перекис інструменту на верстаті. $\epsilon_n = 10$ мкм, оскільки отвір діаметром менше 18 мм.

ϵ_{3H} - похибка яка утворюється під час зношення робочих частин пристосування, так як зношення рівномірне, то воно не впливає на похибку паралельності.

$\epsilon_{3H} = 0$ мкм;

K_{T_2} - коефіцієнт враховуючий ймовірність появи похибки обробки. $K_{T_2} = 0,6$;

ω - середня економічна точність обробки. $\omega = 10$ мкм, що являє собою значення допуску одержуваного розміру для якості економічної точності при свердлінні отвору. Значення прийняте, як технологічно досяжне.

$\epsilon_{поз}$ - похибка позиціонування верстатного пристрою на плиті. Так як ця похибка не впливає на похибку паралельності, $\epsilon_{поз} = 0$ мкм;

$$E_{np} = 27 - 1,2 \sqrt{(0,85 \cdot 0)^2 + 0^2 + 0^2 + 10^2 + 0^2 + (0,6 \cdot 10)^2 + 0^2} = 27 - 1,2 \cdot 11,7 = 12,96 \text{ мкм.}$$

Беремо найближчу стандартну [8] величину допуску непаралельності у розмірі 10 мкм. З урахуванням сказаного наведемо на складальному кресленні пропонованого верстатного пристрою технічну вимогу «Відхилення від

						Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

паралельності загальної для робочих поверхонь призм поз. 2 та 3 осі відносно опорної поверхні плити поз. 7 не більше 0,01 мм».



									Арк.
									59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата					

ВИСНОВКИ

В роботі виконані такі види робіт:

- 1) Виконано аналіз службового призначення машини, вузла, деталі «вала РН19.013.120.01»;
- 2) аналіз технічних вимог на виготовлення деталі;
- 3) визначено тип виробництва – дрібносерійний, форма організації робіт – групова;
- 4) вибраний раціональний спосіб отримання заготовки – прокат.
- 5) обґрунтування схеми базування і закріплення заготовки на фрезерно-центрувальній операції 025 та токарної з ЧПК 040;
- 6) вибрано металорізальне обладнання технологічне оснащення на фрезерно-центрувальну операцію та токарної з ЧПК 040;
- 7) виконаний розрахунок режимів різання і технічне нормування фрезерно-центрувальної операції та токарної з ЧПК 040;
- 8) розроблене креслення заготовки та технічні вимоги до неї;
- 9) розроблений маршрутний технологічний процес виготовлення деталі.
- 10) Розроблені креслення налагодження на операцію 040 токарну з ЧПК, складальне креслення спеціального верстатного пристрою.
- 11) Розроблений комплект КТП.
- 12) У додатку Г цієї роботи розглянуто питання охорони праці щодо захисту працівників від шуму й ультразвуку у виробничих умовах

						Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Марочник сталей [Текст] : справочник / Под ред. В. Г. Сорокина. – М. : Машиностроение, 1989. – 640 с.
2. Горбацевич, А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения [Текст] : учеб. пособ. / А. Ф. Горбацевич и доп. – Минск : Высшая школа, 1983. – 256 с.
3. Справочник технолога-машиностроителя [Текст] : справочник. В 2-х т. Т.2 / Под ред. А. Г. Косиловой, – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1986. – 496 с.
4. Общестроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного времени для технического нормирования станочных работ [Текст]: – М. : Машиностроение, 1974. – 421 с.
5. Егоров, М. Е. Технология машиностроения: учебник / М. Е. Егоров, В. И. Дементьев, В. Л. Дмитриев; Под ред. М. Е. Егорова. – 2-е изд., доп. – М.: Высшая шк., 1976. – 534 с.
6. Общестроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного времени для технического нормирования станочных работ : Серийное производство. – М. : Машиностроение, 1974. – 421 с.
7. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. – М. : Машиностроение, 1974. – Ч. 1. Токарные, карусельные, токарно-револьверные, алмазно-расточные, долбежные и фрезерные станки. – 416 с.
8. Гжиров Р.И. Краткий справочник конструктора: Справочник-Л.: Машиностроение, Ленингр. отд - ние, 1983.- 464 с.
9. Верстатні пристосування: Довідник. У 2-х т. / Ред. рада: Б.М. Вардашкін і ін. - М. : Машинобудування, 1984. - Т.2 / За ред. Б.М. Вардашкіна, В.В. Данилевського. 1984. - 656с., Мул.

						Арк.
						61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		