

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Факультет Інженерії

Кафедра машинознавства та обладнання промислових підприємств

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
до кваліфікаційної випускної роботи

освітній ступінь *магістр*

спеціальність *131 Прикладна механіка*

спеціалізація *Технології машинобудування*

на тему: **«Розробка технологічного процесу виготовлення деталі (вал-шестерня ЛМ 15.19.01), з проектуванням механічної ділянки по її виготовленню»**

Виконав: студент групи ТМ-18дм \_\_\_\_\_ Д.С. Портянов  
(підпис) (ініціали і прізвище)

Керівник \_\_\_\_\_ В.М. Алтухов  
(підпис) (ініціали і прізвище)

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ В.Г. Созонтов  
(підпис) (ініціали і прізвище)

Рецензент \_\_\_\_\_ О.В. Шевченко  
(підпис) (ініціали і прізвище)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка 133 с., 22 табл., 22 рис., 6 дод., 19 джерел.

ДЕТАЛЬ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, РІЗЕЦЬ, ВАЛ-ШЕСТЕРНЯ,  
ОБРОБКА, ЗАГОТІВЛЯ, ВЕРСТАТ.

У дипломному проекті магістра розроблений технологічний процес виготовлення деталі вал-шестерня ЛМ 15.19.01.

Проведено критичний аналіз норм точності деталі й аналіз на технологічність. Розглянуті два варіанти отримання заготовок й вибрано оптимальний. Розраховані режими різання й проведено нормування операцій. Спроектовано ділянку механічної обробки. Проведено розрахунок собівартості деталі й економічного ефекту. Спроектовані контрольне та станочне пристосування. В розділі охорони праці визначено систему освітлення, вентиляції та електробезпеки, розроблені заходи з цивільного захисту.

На основі отриманих результатів розроблено комплект технологічної документації.

## ЗМІСТ

СКРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ.....	5
ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА.....	7
1.1 Призначення деталі.....	7
1.2 Матеріал деталі і його властивості.....	7
1.3 Аналіз технологічності деталі.....	9
РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	13
2.1 Визначення типу виробництва.....	13
2.2 Вибір і обґрунтування методу отримання заготовки.....	14
2.3 Техніко-економічне обґрунтування вибору оптимального варіанта заготівлі.....	19
2.4 Аналіз заводського варіанту технологічного процесу та шляхи його реалізації.....	22
2.5 Розробка проектного варіанту технологічного процесу.....	24
2.6 Расчет промежуточных припусков и размеров заготовки.....	28
РОЗДІЛ 3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....	55
3.1 Проектування верстатного пристосування.....	55
3.2 Опис і розрахунок ріжучого інструменту.....	64
3.3 Схема контролю або контрольне пристосування.....	70
РОЗДІЛ 4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	72
4.1 Розрахунок кількості обладнання та його завантаження.....	79
4.2 Розрахунок чисельності робітників.....	81
4.3 Розрахунок площі ділянки і планування обладнання.....	85
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЦИВІЛЬНА ОБОРОНА.....	90
5.1 Організація робочого місця і техніка безпеки.....	90
5.2 Прогнозування можливих надзвичайних ситуацій на території підприємства, їх характеристика.....	94
5.3 Методи забезпечення захисту співробітників підприємства в	

надзвичайних ситуаціях.....	95
5.4 Управління підприємством в надзвичайній ситуації.....	96
6 ПРОБЛЕМИ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ОБРОБКИ НА МЕТАЛОРІЗАЛЬНИХ ВЕРСТАТАХ.....	98
6.1 Загальні відомості.....	98
6.2 Підвищення точності обробки на металорізальних верстатах.....	101
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	111
ДОДАТОК А.....	113
ДОДАТОК Б.....	114
ДОДАТОК В.....	115
ДОДАТОК Г.....	116
ДОДАТОК Д.....	117
ДОДАТОК Е.....	118
ДОДАТОК Ж.....	119
ДОДАТОК К.....	120
ДОДАТОК Л.....	124

## СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

НВ – твердість по Бринелю.

НРС – твердість по Роквеллу.

РТК – розрахунково-технологічна карта.

ІТР – інженерно-технічні робітники.

ЛКП – лічильно-конторський персонал.

МОП – молодший обслуговуючий персонал.

МОР – мастильно-охолоджуюча рідина.

## ВСТУП

Машинобудування – найважливіша галузь промисловості. Удосконалення технології машинобудування визначається потребами виробництва необхідних суспільству машин і потребою в постійному вдосконаленні продукції.

Досконалість конструкції машини характеризується її відповідністю сучасному рівню техніки, економічністю в експлуатації, а також тим, у якому мірою враховані можливості використання найбільш економічних і продуктивних технологічних методів її виготовлення стосовно до заданого випуску і умов виробництва.

Завданням на дипломну роботу магістра служить креслення деталі зубчасте колесо. Необхідно провести технологічний аналіз деталі, матеріалу деталі, твердості поверхні. Потім необхідно розрахувати припуски на обробку, вибрати заготовку, і скласти маршрут обробки деталі. Далі необхідно зробити розрахунок режимів різання по операціях технологічного процесу, потім необхідно призначити норми часу на кожну операцію, а також економічно обґрунтувати рентабельність технологічного процесу.

Для виконання цієї роботи в певній послідовності необхідно торкнутися ряд питань:

1. Розглянути раціональність методу отримання заготовки для даного масштабу виробництва;
2. Зіставити відповідність реальної заготовки кресленням щодо фактичних припусків на обробку і виконання інших технологічних вимог;
3. Правильність вибору баз на операціях технологічного процесу, дотримання принципу єдності технологічних баз;
4. Правильність установки послідовності операцій процесу для досягнення заданої точності деталей;
5. Ступінь оснащення операції.

## РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

### 1.1 Призначення деталі

Деталь «Вал-шестерня» входить у вузол редуктора і служить для передачі крутного моменту з вхідного вала електродвигуна на вихідний вал редуктора. Деталь відноситься до тіл обертання, до класу «вал-шестерня».

Поверхні діаметром 50k6 є опорними, на них встановлюються підшипники кочення. Поверхня діаметром 76,16h12 призначена для установки зубчастого колеса. Шпонковий паз служить для кріплення колеса на валу.

Згідно з вимогами креслення параметри шорсткості  $Ra = 6,3-0,63$  мкм. Поверхні деталі виконуються по 6-14 квалітетам точності. Найвищий квалітет точності – 6, призначений на поверхні під підшипники.

Згідно з кресленням потрібно забезпечити допуск радіального биття поверхонь під підшипники діаметром 50k6 відносно один одного – 0,04 мм, допуск торцевого биття поверхні діаметром 76,16h12 із зубчастим вінцем щодо загальної осі БВ 0,05.

Маса деталі - 15 кг

Матеріал: Сталь конструкційна легована 40ХН ГОСТ 4543-71.

Габарити:  $L = 208$  мм,  $\varnothing 73,856$  мм.

### 1.2 Матеріал деталі і його властивості

В табл.1.1. наведено хімічний склад сталі 40ХН.

В табл. 1.2. наведено механічні властивості сталі.

Таблиця 1.1 - Хімічний склад сталі 40ХН

Хімічний елемент	Зміст в %
Хром	0,36-0,44
кремній	0,17-0,37
Марганець	0,5-0,8
нікель	1-1,4
сірка	до 0,035
мідь	до 0,3
Залізо	~ 96

Таблиця 1.2 - Механічні властивості сталі

ГОСТ 4543- 71	Стан поставки, режим термообробки	Перетин, мм	КП	$\sigma_{0,2}$ (МПа)	$\Sigma\sigma$ (МПа)	$\delta_5$ (%)	$\Psi$ , %	КСУ (кДж/м <sup>2</sup> )	НВ, не більше
ГОСТ 4543- 71	Пруток. Загартування 820 ° С, вода або масло. Відпустка 500 ° С, вода або масло.	25	-	785	980	11	45	69	-
ГОСТ 8479- 70	Поковки. Нормалізація.	100-300	315	315	570	14	35	34	167-207
		300-500				12	30	29	167-207
		500-800				11	30	29	167-207
	Поковки. Загартування. Відпустка.	300-500	345	345	590	14	38	49	174-217
		До 100	395	395	615	17	45	59	187-229
		100-300				15	40	54	
		300-500				13	35	49	
		500-800				11	30	39	
До 100	440	440	635	16	45	59	197-235		
100-300				14	40	54			
300-500				13	35	49			
500-800	11	30	39						
До 100	490	490	655	16	45	59	212-248		
100-300				13	40	49			
До 100	540	540	685	15	45	59	223-262		
100-300				13	40	49			
До 100	590	590	735	14	45	59	235-277		
100-300				13	40	49			



### 1.3 Аналіз технологічності деталі

Якісна оцінка технологічності деталі. Технологічність конструкції - це відповідність деталі виробу заданим умовам виробництва, які забезпечують виготовлення деталі або виробу з даної трудомісткістю і собівартістю їх виготовлення.

Існує два види показників технологічності: якісні і кількісні. Якісна оцінка при порівнянні варіантів конструкцій в процесі виробу передує кількісної і визначає доцільність витрат на визначення чисельних показників технологічності варіантів. Кількісна оцінка технологічності конструкції виробу виражається показником, чисельне значення якого характеризує ступінь задоволення вимог до технологічності конструкції.

Оцінка конструкції деталі на технологічність:

- а) даний вал-шестерня є жорстким, це є однією з умов технологічності;
- б) деталь складається зі стандартних і уніфікованих конструктивних елементів: діаметральні і лінійних розмірів, зубчастого вінця. Це сприяє використанню стандартних ріжучих і вимірювальних інструментів;
- в) деталь має точність і шорсткість, які можна отримати стандартним уніфікованим інструментом при стандартному технологічному процесі;
- г) матеріал заготовки відповідає вимогам технології виготовлення: при виготовленні немає необхідності застосовувати складні технологічні процеси виготовлення деталі; для зберігання матеріалу немає необхідності створювати певні умови зберігання і транспортування;
- д) шорсткість базових поверхонь задовольняє вимогам точності установки деталі, її обробки і контролю;
- е) деталь симетрична щодо своєї осі;
- ж) всі оброблювані поверхні мають вільний підведення і відведення різального інструменту, за винятком паза, який є закритим. Для його обробки можна використовувати тільки кінцеву фрезу;

з) всі шорсткості, позначені на кресленні, відповідають даним квалітетам точності, а це також є однією з умов технологічності.

Кількісна оцінка технологічності деталі.

Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів визначається за формулою:

$$Q_y = \frac{Q_{y.э}}{Q_э} \quad (1.1)$$

де  $Q_{y.э}$  – число уніфікованих елементів деталі, шт;

$Q_э$  – загальне число уніфікованих елементів.

$$Q_y = \frac{25}{25} = 1$$

Висновок: деталь технологічна.

Коефіцієнт точності обробки визначається за формулою:

$$K_T = 1 - \frac{1}{T_{cp.}} \quad (1.2)$$

Точність середня визначається за формулою:

$$T_{cp.} = \frac{\sum T_i \times n_i}{\sum n_i} \quad (1.3)$$

де  $T_{cp.}$  – середня точність обробки

$T_i$  – і - ий квалітет точності розміру оброблюваної деталі;

$n_i$  – кількість розмірів і -тої точності.

В табл. 1.3. наведено аналіз технічних вимог.

Таблиця 1.3 - Аналіз технічних вимог

№ поверхні	Точність поверхні $T_i$	Кількість $n_i$
1, 2, 3, 5, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 23	14	18
4	7	1
6,25	9	2
8,20	6	2
14	12	1

$$T_{\text{ср.}} = \frac{\sum 14 \times 18 + 7 \times 1 + 9 \times 2 + 6 \times 2 + 12 \times 1}{24} = 12,5$$

$$K_T = 1 - \frac{1}{12,5} = 0,92$$

Деталь по точності вважається технологічною, якщо  $K_T = 0,8$

Коефіцієнт шорсткості визначається за формулою

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{\text{Ш}_{\text{ср.}}} \quad (1.4)$$

$$K_{\text{ш}} = \frac{\sum \text{Ш}_i \times n_i}{\sum n_i}$$

де  $\text{Ш}_{\text{ср.}}$  – середня шорсткість обробки;

$\text{Ш}_i$  і - ий клас шорсткості оброблюваної поверхні деталі;

$n_i$  – кількість поверхонь і-того класу шорсткості.

В табл. 1.4. наведено розподіл поверхонь за класами шорсткості і квалітетам точності.

Таблиця 1.4 - Розподіл поверхонь за класами шорсткості і квалітетам точності

№ поверхні	Шорсткість поверхні $Ш_i$	Кількість $n_i$
1, 2, 3, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 15,16, 17, 18, 19, 21, 22, 23, 25	4	21
4,14	6	1
24	7	1
8,20	8	2

$$K_{ш} = \frac{4 \times 21 + 2 \times 6 + 7 + 2 \times 8}{25} = 4,76$$

$$Ш_{ср.} = \frac{1}{4,76} = 0,21$$

Деталь по шорсткості вважається технологічною, якщо  $K_{ш} \leq 0,32$ .

Висновок: деталь технологічна.

## РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1 Визначення типу виробництва

Тип виробництва визначається виходячи з кількості деталей, що підлягають обробці  $N$ , і маси деталі  $m_d$ . Основна інформація щодо попередньої оцінки типу виробництва наведені в таблиці 2.1.

Вихідні дані:

Маса деталі –  $m_d = 4$  кг.

Річна програма випуску деталей  $N = 1100$  шт.

В табл. 2.1. наведено визначення типу виробництва.

Таблиця 2.1 - Визначення типу виробництва.

Маса деталі, кг	Кількість деталей, що підлягають обробці при виробництві, шт.				
	Єдиничне	Дрібно-серійне	Середньо-серійне	Крупно-серійне	Масове
До 1,0	До 20	10-1500	1500-75000	75000-200000	200000 і більше
1,0 – 2,5	До 10	10-1000	1000-50000	50000-100000	100000 і більше
2,5 – 5,0	До 10	10-500	500-35000	35000-75000	75000 і більше
5,0-10,0	До 10	10-300	300-25000	25000-50000	50000 і більше
10 і більше	До 10	10-200	200-10000	10000-25000	25000 і більше

Тип виробництва - серійний

Так як виробництво серійне, визначаємо величину партії запуску по формулі:

$$n_{\text{зап.}} = \frac{N}{P_{\text{д}}} q, \text{ шт.} \quad (2.1)$$

де  $N$  – Річний обсяг випуску;

$P_{\text{д}}$  – число робочих днів у році визначаємося за формулою:

$$P_{\text{д}} = 365 - T_{\text{вих}} - T_{\text{празд}}, \text{ дн.} \quad (2.2)$$

де  $q$  – необхідний запас деталей на складі в днях. Приймаємо 8 шт.

$T_{\text{вих}}$  – суботні та вихідні дні - 98 дн.

$T_{\text{празд}}$  – кількість святкових днів у році - 7 дн.

$$P_{\text{д}} = 260 \text{ дн.}$$

$$n_{\text{зап.}} = \frac{1100}{260} \times 8 = 34 \text{ шт.}$$

Примітка. При дробовому значенні величини партії запуску, воно округляється до більшого цілого числа.

## 2.2 Вибір і обґрунтування методу отримання заготовки

Деталь відноситься до класу «валів-шестерен». Для виготовлення даної деталі можна прийняти заготовку з штампування або гарячекатаного прокату звичайної точності круглого перетину.

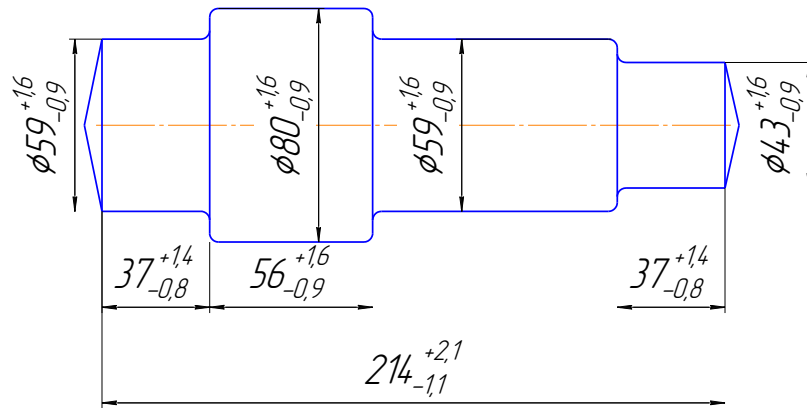


Рисунок 2.1 – Ескіз штампування

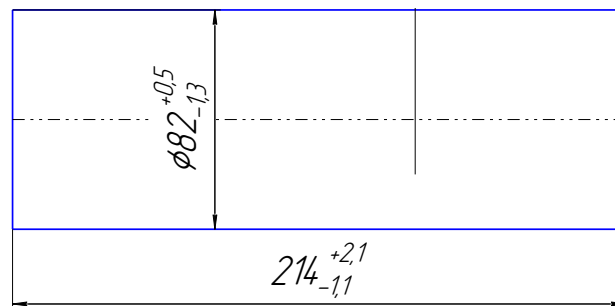


Рисунок 2.2 – Ескіз прокату

Визначаємо припуски на розміри прокату.

$$D = 76,16h12_{(-0,3)}$$

Припуск на підрізування торця визначаємо табличним методом.

$$Z_{\text{черн.т}} = 2 \text{ мм. – на одну сторону}$$

$$Z_{\text{чист.т}} = 1 \text{ мм. – на одну сторону}$$

Розрахунковий розмір визначаємо за формулою:

$$L_{\text{расч.}} = L_{\text{д}} + Z \times 2, \text{ мм.} \quad (2.3)$$

де  $L_{\text{д}}$  – довжина деталі, мм.

$Z$  – припуск на підрізування торця, мм .

$$L_{\text{расч.}} = 208 + 2 \times 2 + 1 \times 2 = 214 \text{ мм.}$$

$$L_{\text{расч.}} = 214_{-1,1}^{+2,1}$$

Так на номінальному діаметрі 6 -ий клас шорсткості при обробці буде чорнова і чистова операції.

$$Z_{\text{чер.д}} = 2 \text{ мм.}$$

$$Z_{\text{чист.д}} = 0,75 \text{ мм.}$$

$Z_{\text{общ.}}$  – визначаємо за формулою:

$$Z_{\text{общ}} = (Z_{\text{чер.}} + Z_{\text{чист.}}) \times 2, \text{ мм} \quad (2.4)$$

де  $Z_{\text{чер.}}$  – припуск на чорнову операцію

$Z_{\text{чист.}}$  – припуск на чистову операцію

$$Z_{\text{общ}} = (2 + 0,75) \times 2 = 5,5 \text{ мм} \text{ – на діаметр.}$$

Розрахунковий розмір визначаємо за формулою:

$$D_{\text{расч.}} = Z_{\text{общ}} + D, \text{ мм} \quad (2.5)$$

де  $Z_{\text{расч.}}$  – припуск на чорнову операцію

$D$  – номінальний діаметр, мм.

$$D_{\text{расч.}} = 5,5 + 76,16 = 81,66, \text{ мм.}$$

Вибираємо діаметр прокату по ГОСТ і визначаємо відхилення:

$$\text{Ø}82_{-1,3}^{+0,5}, \text{ мм.}$$

Визначаємо припуски на розміри штампування.

Припуск на підрізування торця визначаємо табличним методом.

$$Z_{\text{черн.т}} = 2 \text{ мм.} \text{ – на одну сторону.}$$

$$Z_{\text{чист.т}} = 1 \text{ мм.} \text{ – на одну сторону.}$$

Розрахунковий розмір визначаємо за формулою:



$$L_{\text{расч.}} = 208 + 2 \times 2 + 1 \times 2 = 214 \text{ мм.} \quad (2.6)$$

$$D = 76,16h12_{(-0,3)}$$

Припуск на підрізування торця визначаємо табличним методом.

$$Z_{\text{черн.т}} = 2 \text{ мм.} - \text{ на одну сторону.}$$

$$Z_{\text{чист.т}} = 1 \text{ мм.} - \text{ на одну сторону.}$$

Розрахунковий розмір визначаємо за формулою:

$$L_{\text{расч.}} = 50 + 2 \times 2 + 1 \times 2 = 56 \text{ мм.} \quad (2.7)$$

Так як на номінальному діаметрі 6 -ий клас шорсткості, при обробці буде токарна чорнова і чистова операції.

Визначаємо загальний припуск для діаметра:  $Z_{\text{общ}} = 4 \text{ мм.}$

$$Z_{\text{черн.д}} = 1,85 \text{ мм} - \text{ на одну сторону.}$$

$$Z_{\text{чист.д}} = 0,15 \text{ мм} - \text{ на одну сторону.}$$

$Z_{\text{общ.}}$  – визначаємо за формулою

$$Z_{\text{общ}} = (1,85 + 0,15) \times 2 = 4 \text{ мм} - \text{ на діаметр.}$$

Розрахунковий розмір визначаємо за формулою

$$D_{\text{расч.}} = 4 + 76,16 = 80,16, \text{ мм} \quad (2.8)$$

Приймаємо  $D_{\text{прин.}} = 81 \text{ мм.}$

$$D = 55h14_{(-0,74)} - 2 \text{ шийки}$$

Припуск на підрізування торця визначаємо табличним методом.

$$Z_{\text{черн.т}} = 1,5 \text{ мм} - \text{ на одну сторону.}$$

$$Z_{\text{чист.т}} = 1 \text{ мм} - \text{ на одну сторону.}$$

Розрахунковий розмір визначаємо за формулою:

$$L_{\text{расч.}} = 40 - 1,5 - 1 = 37,5 \text{ мм.} \quad (2.9)$$

Приймаємо  $L_{\text{расч.}} = 37$  мм.

Так як на номінальному діаметрі 5-й клас шорсткості, при обробці буде токарна чорнова і чистова операції.

Визначаємо загальний припуск для діаметра:  $Z_{\text{общ}} = 4$  мм.

$Z_{\text{черн.д}} = 1,85$  мм – на одну сторону.

$Z_{\text{чист.д}} = 0,15$  мм – на одну сторону.

$Z_{\text{общ}}$  – визначаємо за формулою:

$$Z_{\text{общ}} = (1,85 + 0,15) \times 2 = 4 \text{ мм} \text{ – на діаметр} \quad (2.10)$$

Розрахунковий розмір визначаємо за формулою:

$$D_{\text{расч.}} = 4 + 55 = 59, \text{ мм.} \quad (2.11)$$

$$D = 40h7_{(-0,025)}$$

Так як на номінальному діаметрі 7-й клас шорсткості, при обробці буде токарна чорнова і чистова операції і шліфувальна операція.

Визначаємо загальний припуск для діаметра:  $Z_{\text{общ}} = 2,2$  мм.

$Z_{\text{черн.д}} = 0,9$  мм. – на одну сторону.

$Z_{\text{чист.д}} = 0,15$  мм. – на одну сторону.

$Z_{\text{шлиф}} = 0,05$  мм. – на одну сторону.

$Z_{\text{общ}}$  – визначаємо за формулою.

$$Z_{\text{общ}} = (0,9 + 0,15 + 0,05) \times 2 = 2,2 \text{ мм} \text{ – на діаметр.} \quad (2.13)$$

Розрахунковий розмір визначаємо за формулою:

$$D_{\text{расч.}} = 2,2 + 40 = 42,2 \text{ мм.} \quad (2.14)$$

Приймаємо  $D_{\text{расч.}} = 43$  мм.

Визначаємо відхилення для штампування:

$$D_{\text{расч.}} = 80_{-0,9}^{+1,6}$$

$$D_{\text{расч.}} = 59_{-0,9}^{+1,6} - 2 \text{ шийки}$$

$$D_{\text{расч.}} = 43_{-0,9}^{+1,6}$$

$$L_{\text{расч.}} = 214_{-1,1}^{+2,1}$$

$$L_{\text{расч.}} = 37_{-0,8}^{+1,4}$$

$$L_{\text{расч.}} = 56_{-0,9}^{+1,6}$$

### 2.3. Техніко-економічне обґрунтування вибору оптимального варіанта заготівлі

Варіант 1 – прокат.

Визначаємо обсяг заготівлі з прокату за формулою:

$$V_{\text{пр}} = \pi R^2 \times h, \text{ мм}^3 \quad (2.15)$$

$$V_{\text{пр}} = 3,14 \times 40^2 \times 214 = 1075136, \text{ мм}^3$$

Переводимо обсяг прокату в  $\text{см}^3$ .

$$V_{\text{пр}} = 1075136 \div 1000 = 1075 \text{ см}^3$$

Визначаємо масу заготовки з прокату за формулою 2.16:

$$m_{\text{з.п}} = \gamma \times V_{\text{пр}}, \text{ кг.} \quad (2.16)$$

де  $\gamma$ - щільність сталі – 7,8.

$$m_{\text{з.п.}} = 7,8 \times 1075 = 8385, \text{ гр.}$$

Переводимо грами в кілограми.

$$m_{\text{з.п.}} = 8385 \div 1000 = 8,4, \text{ кг.}$$

Визначаємо коефіцієнт використання матеріалу для прокату за формулою:

$$K_{\text{и.м.}} = \frac{m_{\text{д}}}{m_{\text{з}}} \quad (2.17)$$

де  $m_{\text{д}}$  - маса деталі, кг;

$m_{\text{з}}$  - маса заготовки з прокату, кг.

$$K_{\text{и.м.}} = \frac{4}{8,4} = 0,48 \quad (2.18)$$

Варіант 2 – штампування.

Визначаємо обсяг заготовлі з штампування за формулою:

Ø80

$$V_1 = 3,14 \times 40^2 \times 56 = 281344 \text{ мм}^3;$$

Ø59

$$V_2 = 3,14 \times 29,5^2 \times 37 = 101106 \text{ мм}^3;$$

Ø59

$$V_3 = 3,14 \times 29,5^2 \times 84 = 229537 \text{ мм}^3;$$

Ø43

$$V_4 = 3,14 \times 21,5^2 \times 37 = 53704 \text{ мм}^3.$$

Переводимо обсяг штампування в  $\text{см}^3$ .

$$V_1 = 281344 \div 1000 = 281 \text{ см}^3;$$

$$V_2 = 101106 \div 1000 = 101 \text{ см}^3;$$

$$V_3 = 229537 \div 1000 = 230 \text{ см}^3;$$

$$V_4 = 53704 \div 1000 = 54 \text{ см}^3.$$

Визначаємо масу заготовки з штампування за формулою:

$$m_{\text{з.ш-1}} = 7,8 \times 281 = 2192 \text{ г.}$$

$$m_{\text{з.ш-2}} = 7,8 \times 101 = 789 \text{ г.}$$

$$m_{\text{з.ш-3}} = 7,8 \times 230 = 1794 \text{ г.}$$

$$m_{з.ш-4} = 7,8 \times 54 = 421 \text{ г.}$$

$$\Sigma 2192 + 789 + 1794 + 421 = 5196 \approx 5,19 \text{ кг.} \quad (2.19)$$

Визначаємо коефіцієнт використання матеріалу для штампування за формулою:

$$K_{и.м.} = \frac{m_d}{m_3} = \frac{4}{5,19} = 0,77 \quad (2.20)$$

Собівартість заготовок з прокату визначаємо за формулою 2.21:

$$S_{заг.} = M + \Sigma C_{о.з.}, \text{ грн.} \quad (2.21)$$

де  $M$  – витрати на матеріал заготовки, грн.

Знаходимо за формулою:

$$M = QS - (Q - q) - S_{отх.}/1000 \text{ грн.} \quad (2.22)$$

$\Sigma C_{о.з.}$  – Технологічна собівартість операцій правки, калібрування прутків, розрізання їх на штучні заготовки визначаємо за формулою:

$$C_{о.з.} = \frac{C_{п.з.} \times T_{шт.}}{60 \times 100}, \text{ грн.} \quad (2.23)$$

де  $C_{о.з.}$  – наведені витрати на робочому місці, коп/год.

$T_{шт.}$  – штучне або штучно-калькуляційний час виконання заготівельної операції.

$$M = 8,4 * 50 - (8,4 - 4) \times \frac{9000}{1000} = 420 - 39,6 = 380,4 \text{ грн.}$$

$$C_{о.з.} = \frac{250 \times 10}{60 \times 100} = 0,416 \text{ грн.}$$

$$S_{\text{заг.}} = 380,4 + 0,416 = 379,984 \text{ грн.}$$

Собівартість заготовок з штампування визначаємо за формулою:

$$S_{\text{заг.}} = \left( \frac{C_i}{1000} Q \times K_T \times K_C \times K_B \times K_M \times K_{\Pi} \right) - (Q - q) \times \frac{C_{\text{отх.}}}{1000} \quad (2.24)$$

де  $C_i$  – базова вартість 1т заготовок, грн;

$K_T K_C K_B K_M K_{\Pi}$  – коефіцієнти, що залежать від класу точності, групи складності, маси, марки матеріалу і обсягу виробництва заготовок.

$$\begin{aligned} S_{\text{заг.}} &= \left( \frac{68000}{1000} 5,19 \times 1 \times 0,87 \times 1,18 \times 0,87 \right) - (5,19 - 4) \times \frac{9000}{1000} \\ &= 315,2 - 10,71 = 275,65 \text{ грн.} \end{aligned}$$

В табл. 2.2 наведена порівняльна характеристика варіантів.

Таблиця 2.2 - Порівняльна характеристика варіантів

Показники	Прокат	Штампування
$K_{\text{и.м.}}$	0,48	0,78
C	379,984 грн.	304,49 грн.

Висновок: Виходячи з складання коефіцієнтів використання матеріалу і вартості заготовки робимо висновок: більш економічним варіантом є заготівля за методом штампування.

#### **2.4 Аналіз заводського варіанту технологічного процесу та шляхи його реалізації**

Заводський технологічний процес розроблений з урахуванням особливостей одиничного виробництва, технічних вимог креслення і з урахуванням прийнятої заготівлі - прокату.

Застосування в механообробці заготовок напайними ріжучого інструменту, що має стійкість і продуктивність на 30 % нижче в порівнянні зі збірним інструментом, економічно недоцільно.

Так само і міряльний інструмент, застосовуваний при обробці заготовок, також є, в основному, нормалізованим: штангенциркулі, мікрометри тощо, що не завжди чітко обґрунтовано (найбільш переважно замість нього граничних шаблонів і калібрів).

У заводському техпроцесі існують проміжна термічна операція: поліпшення. Тому весь техпроцес ділиться на два етапи обробки: до термічної операції, і після. У техпроцесі передбачені всі необхідні чорнові і чистові операції для отримання деталі відповідно до вимог креслення по точності розмірів, розташування поверхонь і за параметрами шорсткості, а також всі необхідні операції розмічальні і слюсарні, що відповідає конкретно одиничного типу виробництв.

Устаткування для виготовлення деталі вибрано вірно з урахуванням виду робіт, габаритів деталі і необхідної точності з наявності верстатів існуючого механічного парку.

Різна технологічна оснастка, що використовується в цеху, виготовляється в інструментальному виробництві підприємства.

У маршрутних картах не вказано весь застосовуваний нормалізоване ріжучий інструмент, що пояснюється специфікою даного підприємства.

Вимірювальні засоби вказані, але запис їх не відповідає вимогам ЕСТД.

## 2.5 Розробка проектного варіанту технологічного процесу

На рис. 2.3 наведена схема простановки баз.

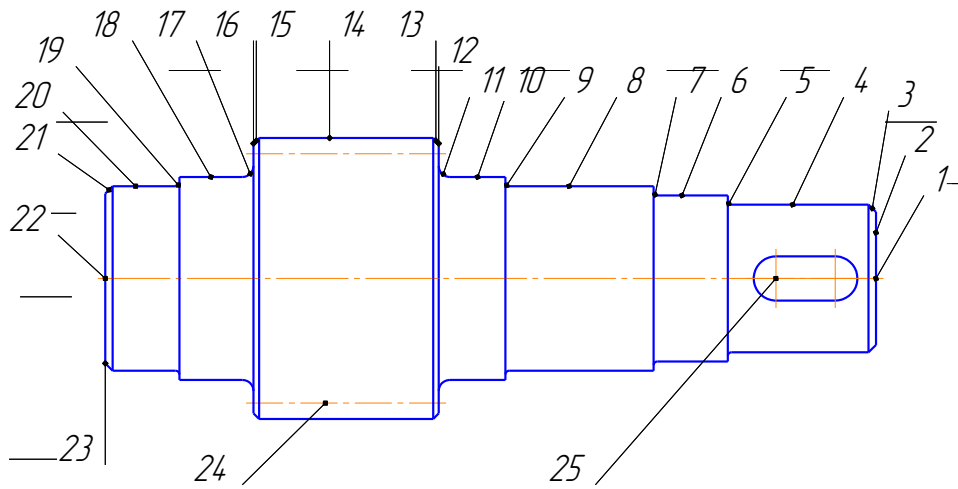


Рисунок 2.3 – Схема простановки баз

В табл. 2.3 наведено маршрут обробки деталі «Вал-шестерня».

Таблиця 2. 3 – Маршрут обробки деталі «Вал-шестерня»

№	Найменування операції	Бази	Оброблювані поверхні	Устаткування	Ріжучий інструмент	Пристосування	Вимірвальний інструмент
1	2	3	4	5	6	7	8
005	Фрезерно-центральна	20,4,1 2	1,2,22,33	Верстат фрезерно-центральний МР76А	Центровочні свердла Ø5,5 Р6М5, фрези торцеві Ø100	Установочне призматичного типу з пневмозажимом, цангові патрони для центровок	Шаблон для контролю довжини, шаблон на центрові отвори
10	Токарська чорнова	У1 6, 2 У2 18, 23	У 1 14,16,18, 20 У2 12,10,8,6, 4	Верстат токарно-гвинторізний 16К20	Різець прохідний завзятий Т5К10 $\phi = 90^\circ$	Центр жорсткий, Патрон трехкулачковий	Штангенциркуль ШЦП-150-0,1



Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8
015	Токарська програмна	У1 1,22,4	У1 2,3,4,5,6, 7,8,9,10, 11,12, 14	Верстат патронно-центровий 16К20Ф3С5	Різець контурний Т15К6 $\phi = 93^\circ$	Трьохкулачковий: Центр передній плаваючий; центр задній обертаючий; головка інструментальна	Калібр скоба: 45h9 Штанген - цір куль ШЦ- II 150-0,05
		У 2 1,22,20	У 2 15,16,17, 18,19,20, 21				
020	Круглошліфувальна	У 1 1,22, 23	У 1 4,8	Верстат круглошліфувальний 3М150	Коло шліфувальне 1 250x16x75 25А F 46 О V 35 м / с 2 ГОСТ Р 52781-2007	Центру наполегливі ; хомутик ексцентриковий	Калібр скоби: 40 h 7, 50 k 6
		У 2 1,22, 2	У 2 20				
025	Шпони фрезерна	18,8	25	Шпони фрезерний 692Р	Фреза шпонкова Ø12 Р6М5	Універсальний переналаживаемий з пневмозажимом	Шаблон для контролю паза, зразки шерсткості. Калібр на розположення
030	Зубофрезерна	1,22,20	24	Зубофрезерний верстат 53А10	Фреза черв'ячна М = 2,5 Z = 18 Р6М6	Ø12 Патрон трьохкулачковий, центри	
035	термічна						
040	Зубошліфувальна			Зубошліфувальний 5851	1 250x16x75 25А F 46 О V 35 м / с 2 ГОСТ Р 52781-2007	Патрон трьохкулачковий, центр	Нормалер 3 М1-А3 ГОСТ 7760-81 Зразки шерсткості
45	Зубозакругляюча	1,22,20	24	Верстат зубозакруглювачний 5582	Фреза пальцева зубозакругляюча	Центр	
050	Контроль ВТК						

Таблиця 2.4 – Коротка технічна характеристика використовуваного обладнання

Фрезерно-центрувальний напівавтомат мод. МР73	
Діаметр оброблюваної заготовки, мм	20-125
Довжина оброблюваної заготовки, мм	200-500
Діаметр центровочних свердел по ГОСТ 14952- 75, мм	3,15 – 10,00
Число швидкостей шпинделя фрези	6
Найбільший хід головки фрези (стола), мм	220
Хід сверлильної головки, мм	75
Потужність електродвигуна, кВт	20
фрезерної головки	7,5/10
сверлильної головки	2,2/3
Габарити верстата, мм	2640×1450 ×1720
Токарно-гвинторізний верстат 16К20	
Найбільший діаметр оброблюваної заготовки, мм	
над станиною	400
над супортом	220
Найбільша довжина оброблюваної заготовки, мм	710
Найбільший діаметр прутка, що проходить через отвір шпинделя, мм	53
Частота обертання шпинделя, об / хв	12,5-1600
Межі подач, мм /об	
поздовжніх	0,05-2,8
поперечних	0,025-1,4
Потужність електродвигуна, кВт	11
Габарити верстата, мм	2505×1190×1500
Круглошліфувальний верстат мод. 3М150	
Найбільші розміри встановлюваного виробу, мм	
Діаметр, мм	200
Довжина, мм	700
Найбільший діаметр виробу, що шліфується, мм	600
Найбільша довжина виробу, що шліфується, мм	700
Висота центрів над столом	125
Потужність, кВт	10
Габарити верстата, мм	4605×2450×2170
Маса верстата, кг	5600
692Р Шпоночно-фрезерний верстат	
Максимальний діаметр обробки виробу, мм.	75
Максимальна довжина обробки виробу, мм .	300

Продовження табл. 2.4

1	2
Швидкість шпинделя, об/хв.	405
Максимальний діаметр заготовки, мм.	1400
Потужність електродвигуна, кВт	2,5
Габаритні розміри верстата, мм.	2100×1700×1870
Вага, кг.	1850

В табл. 2.5 наведено характеристики верстата зубошліфувального 5851М

Таблиця 2.5 - Верстат зубошліфувальний 5851М

1	2
Модуль шліфованих коліс, мм	Найбільший - 10 найменший - 2
Число зубів шліфованих коліс	Найменший - 10 найбільший - 120
Найбільший зовнішній діаметр виробів, м	320
Найменший діаметр ділильної окружності шліфується тільки 15 град методом з довжиною ходу обкатки не більше 35 мм	35
Найбільший кут нахилу зуба в градусах	45
Найбільша довжина шліфування прямозубих коліс, мм.	Зовнішній діаметр до 220град - 330 Зовнішній діаметр понад 220 град - 60
Відстань між центрами, мм	найбільший - 360 найменший - 300
Найбільшу вагу вироби з пристосуванням для установки	При обробки в центрах, кг – 10, при обробці в люнеті, кг - 30
Висота осі вироби над підлогою, мм.	1100

В табл. 2.6 наведено характеристики верстата зубошліфувального 5851М.

Таблиця 2.6 – Верстат зубозакругловочний 5582

Найменший і найбільший діаметр оброблюваного виробу з зовнішнім зачепленням в мм	50-500
Найбільший діаметр оброблюваного виробу з внутрішнім зачепленням в мм	200
Найменше та найбільше число зубів оброблюваних виробів	10-160
Найменший і найбільший оброблюваний модуль в мм	3-8
Найбільший кут спіралі оброблюваних зубів в градусах	35
Найбільше переміщення супорта інструментальної бабки в мм :	від руки - 360 гідравлічно - 140
Кут повороту головки інструментальної бабки в градусах:	Вгору - 20 Вниз - 30
Найбільше переміщення столу, мм	360
Кут повороту столу в обидва боки від нульового положення в градусах	35
Найменша і найбільша відстань від площини обробки до столу, мм	80-440
Межі чисел оборотів палацовий конічної фрези в хвилину	1000-2500
Час обробки одного зуба, с	1-6
Сумарна потужність електродвигунів в кВт.	3,825
Габарити верстата (довжина × ширина × висота), мм	1820×1500×1800
Вага верстата, кг	3600

## 2.6 Розрахунок проміжних припусків і розмірів заготовки

Розраховуємо припуск на обробку і проміжні граничні розміри на поверхню  $\varnothing 40h7_{(-0,025)}$ . Деталь – вал-шестерня. Матеріал – сталь якісна легована 40ХН ГОСТ 4543-71. Довжина валу 214 мм, маса 4 кг. Заготівля отримана штампуванням, 2 клас точності.

Обробка елементарної поверхні в умовах серійного виробництва відповідно до норм економічної точності механічної обробки для досягнення точності діаметрального розміру по 7 квалітету і якості поверхні  $Ra = 1,6$  мкм. Передбачає виконання наступних технологічних переходів:

а) точіння чорнове; б) точіння чистове; в) шліфування.

Для заготівлі токарної операції заготовка пройшла фрезерно-центрувальну обробку, де були в міру підрізані торці і виконані центрові отвори.

Розрахунок ведеться за мінімальним припуску  $Z_{min}$

Для циліндричної поверхні формула 2.47 для визначення припуску має вигляд:

$$2Z_{min\ i} = 2 \left( Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{i-1}^2} \right), \text{ мм.} \quad (2.25)$$

де  $R_z$  – висота мікронерівностей, мкм;

$T$  – глибина дефектного поверхневого шару, мкм;

$\rho$  – просторові відхилення форми і взаємного розташування поверхонь, мкм;

$\varepsilon$  - похибка установки заготовки в пристосуванні, мкм

(i-1) – символи виконуваного і попереднього технологічного переходу.

Величини  $R_z$  і  $T$  для заготовки і для технологічних переходів механічної обробки приймаються за таблицями [1, табл.4-19, с. 181-189] відповідно до норм економічної точності отримання штамповок, і після механічної обробки вносяться в таблицю 3 .

У цю ж таблицю вносяться результати всіх наступних розрахунків.

Просторові відхилення форми і взаємного розташування поверхонь заготовки визначаємо за формулою: [1, табл.6,13, с. 182-186]

$$\rho_{заг.} = \sqrt{\rho_{к.о.}^2 + \rho_{ц}^2} \quad (2.26)$$

де  $\rho_{к.о.}$  – загальна кривизна заготовки визначається за формулою:

$$\rho_{к.о.} = \Delta_k \times L_{заг.} \quad (2.27)$$

де  $\Delta_k$  висота мікронерівностей, мкм;  $\Delta_k = 5$  мкм на мм;

$L_{заг.}$  – похибка зацентровки, визначається за формулою:

$$\rho_{к.о.} = 5 \times 214 = 1070 \text{ мкм};$$

$\rho_{ц}$  – похибка зацентровки, визначається за формулою:

$$\rho_{ц} = 0,25\sqrt{T^2 + 1} \quad (2.28)$$

де  $T = 2,5$  мм – допуск на розмір поверхні, використовуваної в якості бази при зацентровці, тобто на поверхню  $\varnothing 40h7_{(-0,025)}$

$$\rho_{ц} = 0,25\sqrt{2,5^2 + 1} = 0,25 \times 2,69 = 0,67 \text{ мм.} \approx 670 \text{ мкм.}$$

$$\rho_{заг.} = \sqrt{1070^2 + 670^2} = 1262 \text{ мкм.}$$

В табл. 2.7 наведено припуски на обробку поверхні  $\varnothing 40h7_{-0,025}$ .

Таблиця 2.7 – Припуски на обробку поверхні  $\varnothing 40h7_{-0,025}$

Технологічна операція	Стан обробленої поверхні		Елементи				Розрахунковий припуск	Розрахунковий діаметр, мм	Допуск	Граничні діаметри, мм		Граничні значення припусків, мм	
	Шероховатість мкм	Квалітет точності	Rz	T	P	$\varepsilon$				$2Z_{min}$	Td	max	min
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Заготівля			240	250	1262			43,9	2,5	46,4	43,9	-	-
Токарна чорнова	25	h14	50	50	76	239	2×1774	43,352	0,62	44,495	43,352	1905	548

Продовження табл 2.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Токар-на чистова	12, 5	h9	25	25	50	0	2×17 6	40	0,06 2	40,06 2	40	4433	3352
Шліфу-вальна	1,6	h7	5	15	-	0	2×12 5	39,97 5	0,02 5	40	39,9 75	62	25
Разом												6400	3925

Величина залишкових просторових відхилень форми і взаємного розташування поверхонь заготовки для наступних технологічних переходів визначається за формулою [1, табл. 31, с. 202]:

$$\rho_{\text{ост}} = K_y \times \rho_{\text{заг.}} \quad (2.29)$$

де  $K_y$  – коефіцієнт уточнення;

$K_{y1}$  – 0,06 для чорнової токарної операції;

$K_{y1}$  – 0,04 для чистової токарної операції.

$$\rho_{\text{ост } 1} = 0,06 \times 1262 = 76 \text{ мкм.}$$

$$\rho_{\text{ост } 2} = 0,04 \times 1262 = 50 \text{ мкм.}$$

Після чистової обробки величина залишкових просторових відхилень форми взаємного розташування поверхонь не враховується за малістю.

Похибка установки при базуванні заготовки в трикулачні патроні залежить від величини можливого її зміщення в момент додатка силового замикання. При чорнової токарної обробки деталь встановлюється в трикулачні патрон з поджатиєм центром задньої бабки; величини похибки установки слід визначити за формулою [1, табл.19-24, с. 66]

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{y.\text{ос.}}^2 + \varepsilon_{y.\text{рад.}}^2} \quad (2.30)$$

де  $\varepsilon_{y.ос.} = 130$  мкм – величина можливого зсуву заготовки в осьовому напрямку;

$\varepsilon_{y.рад.} = 200$  мкм. – величина можливого зсуву заготовки в радіальному напрямку.

$$\varepsilon_y = \sqrt{130^2 + 200^2} = 239 \text{ мкм}$$

Похибка установки на наступних переходах при базуванні заготовки в центрах приймається рівною нулю  $\varepsilon_{y2} = \varepsilon_{y3} = 0$ .

Мінімальний припуски на обробку знаходяться за формулою:

$$2Z_{min} = 2(Rz + T + \sqrt{\rho_{заг.}^2 + \varepsilon_y^2}) \quad (2.31)$$

$$2Z_{min1} = 2(240 + 250 + \sqrt{1262^2 + 239^2}) = 2 \times 1774 \text{ мкм}$$

$$2Z_{min2} = 2(50 + 50 + 76) = 2 \times 176 \text{ мкм}$$

$$2Z_{min3} = 2(25 + 50 + 50) = 2 \times 125 \text{ мкм}$$

Розрахунковий розмір для шліфування приймається рівним мінімального граничного розміру деталі за кресленням:

$$D_{p.з} = D_d^{min} = 39,75 \text{ мм.}$$

Для кожного існуючого переходу:  $D_{p(i-1)} = D_{p i} + 2Z_{min i}$

$$D_{p.2} = D_{p3} + 2Z_{min 3} = 39,75 + 2 \times 125 = 40 \text{ мм.}$$

$$D_{p.1} = D_{p2} + 2Z_{min 2} = 40 + 2 \times 176 = 40,352 \text{ мм.}$$

$$D_{p \text{ заг.}} = D_{p1} + 2Z_{min 1} = 40,352 + 2 \times 1,774 = 43,9 \text{ мм.}$$

Граничні розміри:



$$\begin{aligned}
 D_i^{min} &= D_{pi} & D_i^{max} &= D_i^{min} + T_i \\
 D_{зар}^{min} &= 43,9 \text{ мм} & D_{зар}^{max} &= 43,9 + 2,5 = 46,4 \text{ мм} \\
 D_1^{min} &= 43,352 \text{ мм} & D_1^{max} &= 43,352 + 0,62 = 44,495 \text{ мм} \\
 D_2^{min} &= 40 \text{ мм} & D_2^{max} &= 40 + 0,062 = 40,062 \text{ мм} \\
 D_3^{min} &= 39,975 \text{ мм} & D_3^{max} &= 39,975 + 0,025 = 40 \text{ мм}
 \end{aligned}$$

Граничні значення припусків:

$$\begin{aligned}
 Z_i^{max} &= D_{i-1}^{max} - D_i^{max} & Z_i^{min} &= D_{i-1}^{min} - D_i^{min} \\
 Z_1^{max} &= 46,4 - 44,495 = 1,905 \text{ мм} & Z_1^{min} &= 43,9 - 43,352 = 0,548 \text{ мм.} \\
 Z_2^{max} &= 44,495 - 40,062 = 4,433 \text{ мм} & Z_2^{min} &= 43,352 - 40 = 3,352 \text{ мм} \\
 Z_3^{max} &= 40,062 - 40 = 0,062 \text{ мм.} & Z_3^{min} &= 40 - 39,975 - 0,025 \text{ мм}
 \end{aligned}$$

Перевіряємо правильність розрахунків за формулою:

$$2Z_{max_{общ}} - 2Z_{min_{общ}} = Td_1 - Td_2 \quad (2.32)$$

$$\begin{aligned}
 6400 - 3925 &= 2500 - 25 \\
 2475 &= 2475
 \end{aligned}$$

Висновок: Розрахунок припусків виконано вірно.

Детальна розробка операцій з ЧПУ.

Операція: 015.

Найменування операції: Токарська програмна.

Зміст: встановити деталь в трикулачні патрон. Кріпити.

Верстат: токарно-патронний 16К20Ф3С5.

Пристосування: трьохкулачковий патрон.

Ріжучий інструмент: Різець прохідний завзятий Т15К6  $\phi = 90$

Коротка технічна характеристика верстата приведена в таблиці 2.6:

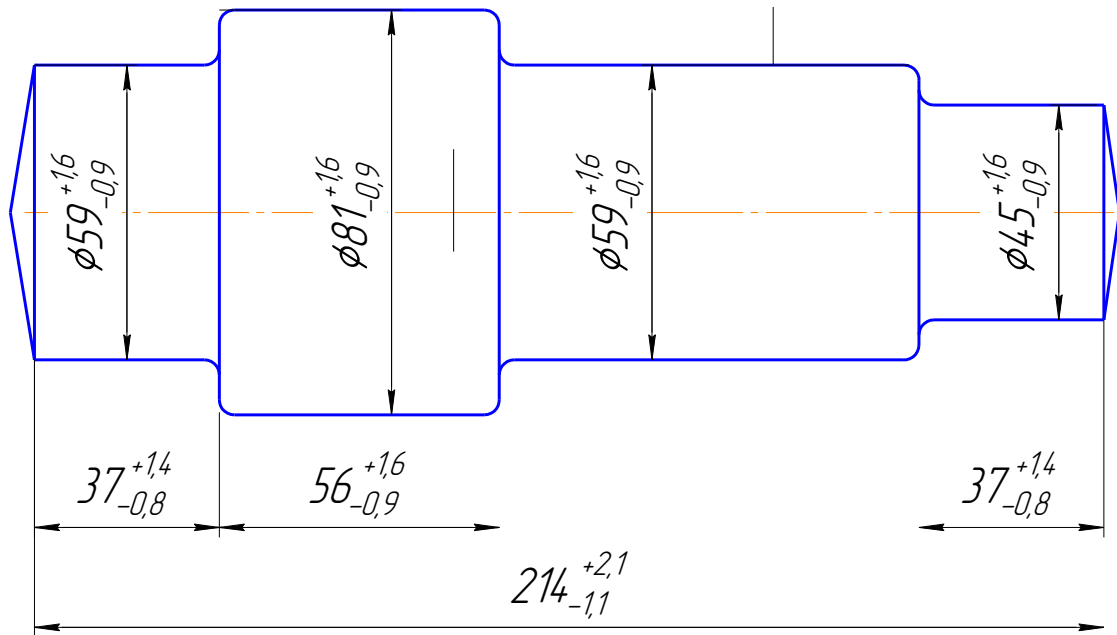


Рисунок 2.4 – Уточнений ескіз заготовки

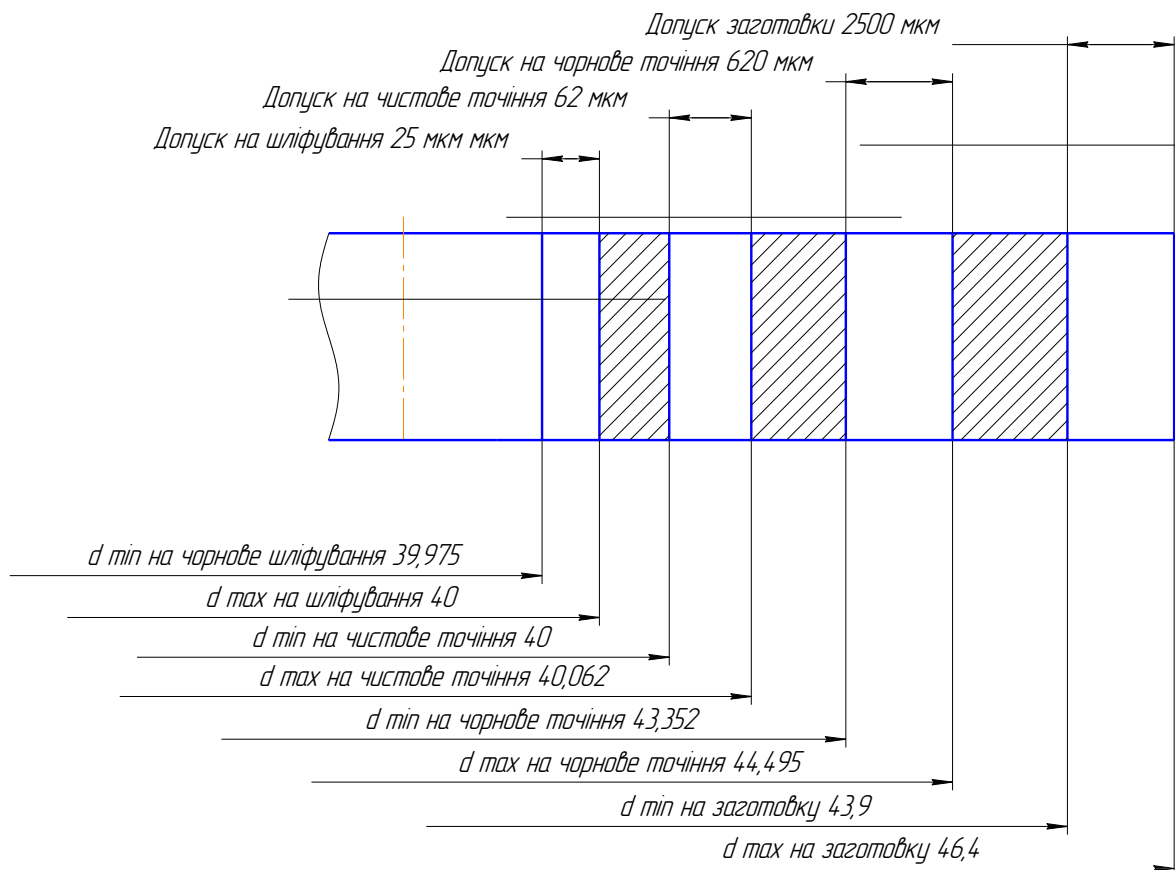


Рисунок 2.5 – Схема розподіл між операційних припусків та граничних розмірів

Таблиця 2.6 – Токарно-гвинторізний верстат 16К20Ф3С5

Клас точності по ГОСТ 8-82	
Діаметр оброблюваної деталі, мм	400
Діаметр деталі над супортом, мм	220
Найбільша довжина оброблюваної заготовки, мм	1000
Розмір верстата: довжина×ширина×висота, мм	3360×1710 ×1750
Частота обертання шпинделя, об / хв	12,5/2000
Потужність електродвигуна, кВт	10

Позиція 1. (Інструмент Т01).

Перехід 1. Точить фаску  $2 \times 45^\circ$ .

Перехід 2. Точить діаметр  $\varnothing 50,16_{-0,05}$ .

Перехід 3. Точить скруглення з підрізуванням торця, витримуючи розмір:

$$L = 20js14(\pm 0,26)$$

Перехід 4. Точить діаметр  $\varnothing 55h14_{(-0,74)}$ ,

Перехід 5. Точить скруглення з підрізуванням торця, витримуючи розмір

$$L = 20js14(\pm 0,26)$$

Перехід 6. Точить фаску  $1,5 \times 45^\circ$ .

Різець прохідний упорний  $\varphi = 93^\circ$ , Т15К6; штангенциркуль ШЦ-2 150-0,05.

Концентрат МОР «МОДУС-А».

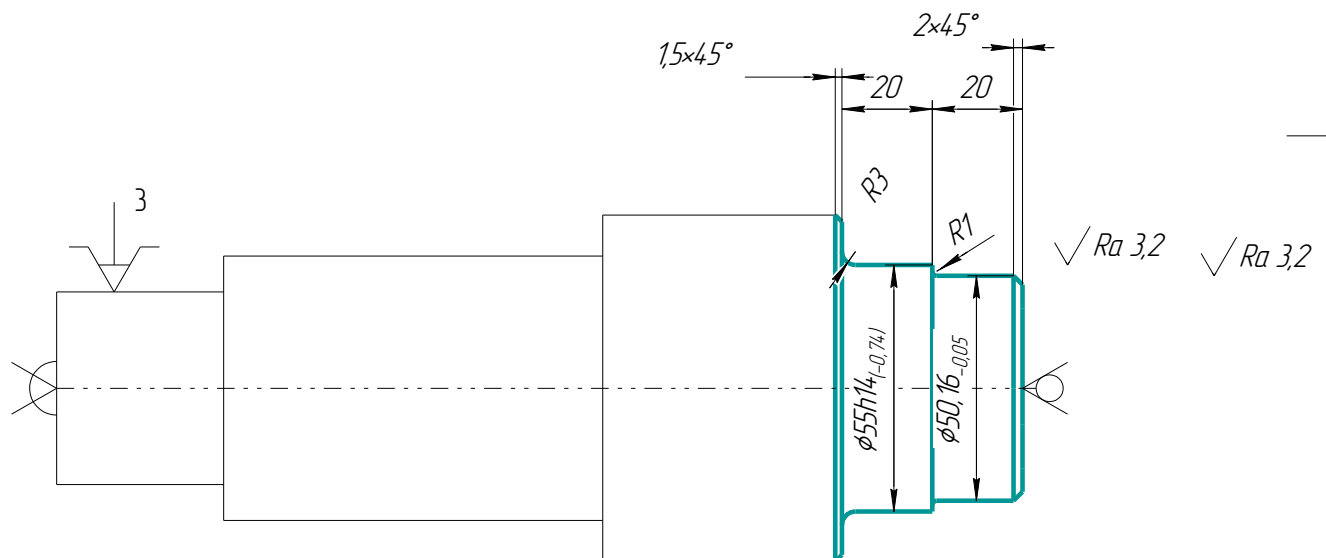


Рисунок 2.6 – Операційний ескіз до операції 015

Перехід 2: Точить діаметр  $\text{Ø}50,16_{-0,05}$ , витримуючи розмір  $L = 20^{+0,52}$ .

Визначаємо припуск на операцію за формулою:

$$Z = \frac{D-d}{2}, \text{ мм}; \quad (2.33)$$

де  $D$  – діаметр заготовки;

$d$  – діаметр деталі;

$$Z = \frac{50,46 - 50,16}{2} = 0,15 \text{ мм}$$

Визначаємо глибину різання:

$$t = 0,15 \text{ мм.}$$

Визначаємо число проходів за формулою:

$$I = \frac{Z}{t} \quad (2.34)$$

$$i = \frac{0,15}{0,15} = 1$$

Визначаємо подачу:

$$S = 0,36 \text{ мм/об}$$

Визначаємо швидкість різання за формулою:

$$V = V_{\text{табл.}} \times K_{V1} \times K_{V2} \quad (2.35)$$

де  $V_{\text{табл.}}$  – табличне значення допустимої швидкості різання;

$$V_{\text{табл.}} = 117 \text{ м/хв.}$$

Нормативи режимів різання при роботі на верстатах з ЧПУ.

$K_{v1}$  – поправочний коефіцієнт в залежності від механічних властивостей матеріалу заготовки; для штампування  $K_{v1} = 0,85$

$K_{v2}$  – поправочний коефіцієнт в залежності від матеріалу ріжучої частини твердого сплаву Т15К6;  $K_{v2} = 1,54$

$$V = 117 \times 0,85 \times 1,54 = 153 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо число обертів шпинделя за формулою:

$$n = \frac{1000v}{\pi D} \text{ м/хв.} \quad (2.36)$$

$$n = \frac{1000 \times 153}{3,14 \times 50,46} = 965 \text{ об/хв}$$

Коригуємо частоту обертання шпинделя за паспортом верстата 16К20Ф3С5.

$$n_{\phi} = 1000 \text{ об/хв}$$

Визначаємо дійсну швидкість різання за формулою:

$$V_{д.} = \frac{\pi D n_{\phi}}{1000} \text{ м/хв.} \quad (2.37)$$

$$V_{д.} = \frac{3,14 \times 50,46 \times 1000}{1000} = 158 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

Перехід 4: Точити діаметр  $\text{Ø}55h14_{(-0,74)}$ ,

Визначаємо припуск на операцію по формулі:

$$Z = \frac{D-d}{2}, \text{ мм.} \quad (2.38)$$

де  $D$  – діаметр заготовки, мм.

$d$  – діаметр деталі, мм.

$$Z = \frac{\varnothing 55,3 - \varnothing 50}{2} = 0,15 \text{ мм.}$$

Визначаємо глибину різання:

$$t = 0,15 \text{ мм.}$$

Визначаємо число проходів по формулі:

$$i = \frac{0,15}{0,15} = 1 \quad (2.39)$$

Визначаємо подачу:

$$S = 0,36 \text{ мм/об}$$

Нормативи режимів різання при роботі на верстатах з ЧПУ (с. 36).

Визначаємо швидкість різання.

де  $V_{\text{табл.}}$  – табличне значення допустимої швидкості різання;

$$V_{\text{табл.}} = 117 \text{ м/хв.}$$

Нормативи режимів різання при роботі на верстатах з ЧПУ.

$K_{v1}$  – поправочний коефіцієнт в залежності від механічних властивостей матеріалу заготовки; для штампування  $K_{v1} = 0,85$ .

$K_{v2}$  – поправочний коефіцієнт в залежності від матеріалу ріжучої частини твердого сплаву Т15К6;  $K_{v2} = 1,54$ .

$$V = 117 \times 0,85 \times 1,54 = 153 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо число обертів шпинделя за формулою:

$$n = \frac{1000v}{\pi D} \text{ м/хв.} \quad (2.40)$$

$$n = \frac{1000 \times 153}{3,14 \times 55,3} = 917 \text{ об/хв.}$$

Коригуємо частоту обертання шпинделя за паспортом верстата 16K20Ф3С5.

$$n_{\phi} = 1000 \text{ об/хв.}$$

Визначаємо дійсну швидкість різання за формулою 2.41:

$$V_{д.} = \frac{\pi D n_{\phi}}{1000} \text{ м/хв.} \quad (2.41)$$

$$V_{д.} = \frac{3,14 \times 55,3 \times 1000}{1000} = 174 \text{ м/хв.}$$

Перевірка по потужності приводу шпинделя верстата:

Визначаємо потужність різання за формулою:

$$N_p = \frac{P_z \times V}{1000}, \text{ Н} \quad (2.42)$$

де  $P_z$  – сила різання, Н;

$V$  – фактична швидкість різання, м/с.

Силу різання при точінні розраховують за такою формулою:

$$P_{x,y,z} = 10 \times C_p \times t^x \times S^y \times v^n \times K_p \quad (2.43)$$

де  $C_p$  – коефіцієнт, що враховує властивості оброблюваного матеріалу, матеріал ріжучої частини різця, а також умови обробки, по табл. 18П.

$$C_p = 300$$

$K_p$  – загальний поправочний коефіцієнт, чисельно дорівнює добутку ряду коефіцієнтів, кожен з яких відображає вплив певного чинника на силу різання, визначається за формулою:

$$K_p = K_{mp} \times K_{\phi p} \times K_{\gamma p} \times K_{\lambda p} \times K_{rp} \quad (2.44)$$

де  $K_{mp}$  – поправочний коефіцієнт що враховує якість оброблюваного матеріалу, визначається по таблиці 19П:

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma}{750}\right)^n$$

$K_{\phi p}$  – поправочний коефіцієнт, що враховує кут в плані –  $30^\circ$

$K_{\gamma p}$  – поправочний коефіцієнт, що враховує кут в плані.

$K_{\lambda p}$  – поправочний коефіцієнт, що враховує нахилу головного леза.

$K_{rp}$  – поправочний коефіцієнт що враховує радіус при вершині різця.

$$K_{mp} = \left(\frac{980}{750}\right)^{0,75} = 1,21$$

Показники  $x$ ,  $y$ ,  $n$  – приймаємо по таблиці 18П:

Тангенціальна сила різання:

$$C_{pz} = 300; x = 1; y = 0,75; n = -0,15.$$

$$K_{\phi pz} = 0,89; K_{\gamma pz} = 1; K_{\lambda pz} = 1; K_{rpz} = 0,93.$$

$$K_{pz} = 1,21 \times 0,89 \times 1 \times 1 \times 0,93 = 1.$$

$$P_z = 10 \times 300 \times 0,15^1 \times 0,36^{0,75} \times 174^{-0,15} \times 1 = 95,22 \text{ Н.}$$

Радіальна сила різання:

$$C_{pz} = 243; x = 0,9; y = 0,6; n = -0,3.$$

$$K_{\phi pz} = 0,5; K_{\gamma pz} = 1; K_{\lambda pz} = 1; K_{rpz} = 0,82.$$

$$K_{pz} = 1,21 \times 0,5 \times 1 \times 1 \times 0,82 = 0,5.$$

$$P_z = 10 \times 300 \times 0,15^{0,9} \times 0,36^{0,6} \times 174^{-0,3} \times 0,5 = 31 \text{ Н.}$$

Осьова сила різання:

$$C_{pz} = 339; x = 1; y = 0,5; n = -0,4$$



$$K_{\text{фрз}} = 1,17; K_{\text{врз}} = 1; K_{\text{лрз}} = 1; K_{\text{грз}} = 1$$

$$K_{\text{рз}} = 1,21 \times 1,17 \times 1 \times 1 \times 1 = 1,42$$

$$P_z = 10 \times 300 \times 0,15^1 \times 0,36^{0,5} \times 174^{-0,4} \times 1,42 = 50$$

Розраховуємо потужність різання за формулою:

$$N_{\text{різ.}} = \frac{P_z \times V_d}{60 \times 1020} \quad (2.45)$$

$$N_{\text{різ.}} = \frac{100 \times 95,22}{60 \times 1020} = 0,16 \text{ кВт.}$$

Потужність, що витрачається на різання  $N_p$ , кВт, повинна бути менше або дорівнює допустимій потужності на шпинделі  $N_{\text{шп}}$ , яка визначається за потужністю приводу:

$$N_p \leq N_{\text{шп}} = N_э \times \eta,$$

де  $N_э$  – потужність електродвигуна токарного верстата, кВт (див. паспортні дані верстатів в додатках);

$\eta$  – ККД верстата (в паспорті верстата);

$$N_{\text{эл.дв}} = 11 \text{ кВт.}$$

$\eta$  – К.К.Д коробки швидкостей станка – 0,75.

$$N_{\text{ст-ка}} = 11 \times 0,75 = 8,25$$

$$P_x < N_{\text{різ}}$$

$$0,16 < 8,25$$

Перехід 5. Підрізати торець.

Визначаємо глибину різання в залежності від припуску на обробку:

$$t = z = 1 \text{ мм}$$

Для підрізання уступів приймаємо подачу в 2 рази менше, ніж подача для зовнішнього точіння при тих же умовах:

$$S_{o.поп.} = \frac{S_{табл.}}{2} \times K_1 \times K_2 \quad (2.46)$$

де  $S_{табл.}$  – табличне значення подачі для зовнішнього поздовжнього точіння

$$S_{табл.} = 1,3 \text{ мм/об}$$

$K_1$  – поправочний коефіцієнт для кута  $\varphi = 93$ ,  $K_1 = 0,7$

$K_2$  – поправочний коефіцієнт для штампування  $K_2 = 0,9$

$$S_{o.поп.} = \frac{1,3}{2} \times 0,9 \times 0,7 = 0,4 \text{ мм/об}$$

де  $V_{табл.}$  – табличне значення допустимої швидкості різання;

$$V_{табл.} = 117 \text{ м/хв.}$$

Нормативи режимів різання при роботі на верстатах з ЧПУ.

$K_{v1}$  – поправочний коефіцієнт в залежності від механічних властивостей матеріалу заготовки; для штампування  $K_{v1} = 0,85$ .

$K_{v2}$  – поправочний коефіцієнт в залежності від матеріалу ріжучої частини твердого сплаву Т15К6;  $K_{v2} = 1,54$ .

$$V = 117 \times 0,85 \times 1,54 = 153 \text{ м/хв.} \quad (2.47)$$

Визначаємо число обертів шпинделя за формулою:

$$n = \frac{1000 \times 153}{3,14 \times 76,46} = 637 \text{ об/хв.} \quad (2.48)$$

Коригуємо частоту обертання шпинделя за паспортом верстата 16К20Ф3С5.

$$n_{\phi} = 700 \text{ об/хв.}$$

$$V_{\text{д.}} = \frac{3,14 \times 76,46 \times 1000}{1000} = 240 \text{ м/хв.}$$

Розраховуємо основний (машинний) час на операцію за формулою:

$$T_o = \frac{l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5 + l_6 + l_7 + l_8}{S_{\text{ХВ1}} + S_{\text{ХВ2}} + S_{\text{ХВ3}} + S_{\text{ХВ4}} + S_{\text{ХВ5}} + S_{\text{ХВ6}} + S_{\text{ХВ7}} + S_{\text{ХВ8}}}, \text{ хв.} \quad (2.49)$$

де  $l_1$  – шлях робочого ходу точіння фаски  $2 \times 45^\circ$ .  $l_1 = 5,66$  мм.

$l_2$  – шлях робочого ходу точіння  $\varnothing 50,16_{-0,05}$ .  $l_2 = 17$  мм.

$l_3$  – шлях робочого ходу точіння заокруглення  $R = 1$ ,  $l_3 = 1$  мм.

$l_4$  – шлях робочого ходу підрізання уступу на  $\varnothing 50,3$ ,  $l_4 = 1,46$  мм.

$l_5$  – шлях робочого ходу точіння  $\varnothing 55h14_{(-0,74)}$ ,  $l_5 = 17$  мм.

$l_6$  – шлях робочого ходу точіння заокруглення  $R = 3$ ,  $l_6 = 3$  мм.

$l_7$  – шлях робочого ходу підрізання уступу на  $\varnothing 76,46$ ,  $l_7 = 9$  мм.

$l_8$  – шлях робочого ходу точіння фаски  $1 \times 45^\circ$ .  $l_8 = 1,41$  мм.

Хвилинна подача для кожного переходу визначається за формулою:

$$S_{\text{ХВ}} = S_o \times n_i, \text{ мм/хв.} \quad (2.50)$$

$$S_{\text{ХВ1}} = 0,36 \times 1000 = 360 \text{ мм/хв.}$$

$$S_{\text{ХВ2}} = 0,36 \times 1000 = 360 \text{ мм/хв.}$$

$$S_{\text{ХВ3}} = 0,36 \times 1000 = 360 \text{ мм/хв.}$$

$$S_{\text{ХВ4}} = 0,36 \times 1000 = 360 \text{ мм/хв.}$$

$$S_{\text{ХВ5}} = 0,36 \times 1000 = 360 \text{ мм/хв.}$$

$$S_{\text{ХВ6}} = 0,36 \times 1000 = 360 \text{ мм/хв.}$$

$$S_{\text{ХВ7}} = 0,40 \times 1000 = 400 \text{ мм/хв.}$$

$$S_{\text{ХВ8}} = 0,40 \times 1000 = 400 \text{ мм/хв.}$$

$$T_o = \frac{2,83}{360} + \frac{17}{360} + \frac{1}{360} + \frac{1,46}{360} + \frac{17}{360} + \frac{3}{360} + \frac{9}{400} + \frac{1,41}{400} = 0,007 + 0,047 +$$

$$+ 0,003 + 0,004 + 0,047 + 0,008 + 0,026 + 0,006 = 0,15 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час, що витрачається на цю операцію, визначаємо за формулою:

$$T_{шт} = T_o + T_{обс} + T_{пер} \text{ хв.} \quad (2.51)$$

де  $T_{всп}$  – допоміжний час, хв;

$T_o$  – час на установку і зняття деталей – 0,52 хв.;

$T_{обс}$  – час на вимірювання деталі – 0,72 хв.

$$T_{всп} = 0,52 + 0,72 = 1,24 \text{ хв.}$$

Визначаємо оперативний час за формулою:

$$T_{оп} = T_o + T_{всп} \text{ хв.} \quad (2.52)$$

$$T_{оп} = 0,15 + 1,24 = 1,39 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця визначаємо за формулою:

$$T_{обс} = (3 - 8\%) \times T_{оп}, \text{ хв.} \quad (2.53)$$

$$T_{обс} = 0,05 \times 1,39 = 0,07 \text{ хв.}$$

Час перерв в роботі визначаємо за формулою:

$$T_{\text{пер}} = (4 - 9\%) \times T_{\text{оп}}, \text{ хв.} \quad (2.54)$$

$$T_{\text{пер}} = 0,09 \times 1,39 = 0,13 \text{ хв.}$$

Штучний час визначається за формулою:

$$T_{\text{шт}} = T_o + T_b + T_{\text{пер}} + T_{\text{обс}}, \text{ хв.} \quad (2.55)$$

$$T_{\text{шт}} = 0,15 + 1,24 + 0,13 + 0,07 = 1,59 \text{ хв.}$$

Підготовчо-заклучний час:  $T_{\text{пз}} = 24$  хв.

Штучно калькуляционне час визначаємо за формулою 2.78:

$$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{пз}}}{N}, \text{ хв.} \quad (2.56)$$

де:  $N$  – партія запуску;  $N = 34$  шт.

$$T_{\text{шт-к}} = 1,59 + \frac{24}{34} = 2,3 \text{ хв.}$$

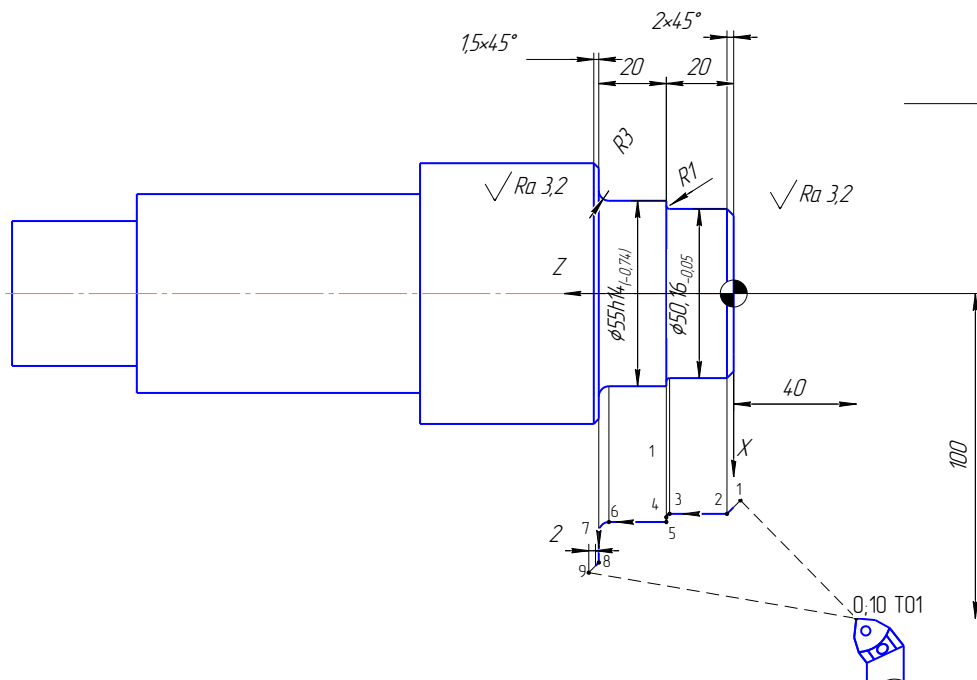


Рисунок 2.7 – Циклограмма роботи інструменту

Таблиця 2.8 – Розробка рукописи УП в абсолютній системі H22-1M.

Ділянка траєкторії	Зміст кадру
1	2
	N001 G27 T101 S137 M104 LF
0 – 1	N002 G10 X+004216 Z-000200 F70000 LF
1 – 2	N003 X+005016 Z+000200 F10360 LF
2 – 3	N004 Z+001900 F10360 LF
3 – 4	N005 G26 G03 I+00768 K+0 X+05216 Z+02000 F10360 LF $I = X_c - X_H = 54 - 50,16 = 3,84$ $K = Z_c - Z_H = 19 - 19 = 0$
1	2
4 – 5	N006 G27 G01 X+05500 F10360 LF
5 – 6	N007 Z+003700 F10360 LF
6 – 7	N008 G26 G03 I+01200 K+0 X+05216 Z+02000 F10360 LF $I = X_c - X_H = 61 - 55 = 6$ $K = Z_c - Z_H = 74 - 74 = 0$
7 – 8	N008 G27 X+007330 F10360 LF
8 – 9	N008 X+008130 Z+004350 F10360 LF
9 – 10	N009 X+020000 Z-004000 F70000 LF
	M102 LF

Для подальших переходів режими різання зводимо в таблицю 2.9:

Таблиця 2.9 – Значення режимів різання, призначені табличним способом

№ операції	Зміст переходу	Z, мм	L, мм	t, мм	i	S мм/об.	V м/хв.	n об/хв.	T <sub>о</sub> , хв.
015 Токарська програмна	Перехід 1	2	5,66	2	1	0,4	153	1000	0,014
	Перехід 3	1	1	1	1	0,4	153	1000	0,003
	Перехід 6	1,5	4,95	1,5	1	0,4	153	1000	0,012

Детальна розробка універсальної операції

Операція: 0 30

Найменування операції: Зубофрезерний

Зміст: Встановити заготовку в трикулачні патрон. Кріпити.

1. Фрезерувати зуби ( пов. 24 )

Пристосування: трьохкулачковий патрон

Обладнання: Зубофрезерний 53A10

Технологічні бази: 1,22,20

Оброблювана поверхня: 24

Характеристика верстата приведена в таблиці 2.7:

В табл.2.9 наведена коротка технічна характеристика верстата 53A10.

Таблиця 2.10 - коротка технічна характеристика верстата 53A10

1	2
Найбільший діаметр нарізних коліс, мм	500
Найбільший кут нахилу зубів нарізаються коліс, град.	±60
Найбільший вертикальний хід фрези, мм	360
Найбільший діаметр фрези, встановленої в супорті, мм	180
Осьове переміщення фрези, мм	200

Продовження табл. 2.10

1	2
Подача, мм/об .:	
вертикальна	0,75-7,5
радіальна	0,2-2,25
осьова	0,13-2,6
Клас точності	II
Найбільший діаметр оброблюваної деталі, мм	500
Найбільший модуль оброблюваних зубчастих коліс	10
Довжина зуба нарізається колеса, мм	350
Мін частота обертання шпинделя об/хв:	40
Мах частота обертання шпинделя, об/м:	405
Потужність, кВт:	12,5
Розміри (Д×Ш×В), мм:	2670×1810×2250
Маса верстата з виносним обладнанням, кг	9850

## 1. Вибираємо червячну фрезу:

Клас точності - С

Число заходів - 1

Зовнішній діаметр  $D = 76,16$ 

Число зубів – 18

## 2. Призначаємо режим різання

Розраховуємо глибину різання:

За один прохід по формулі:

$$t = h = 2,2m \quad (2.57)$$

де  $m$  – модуль нарізаемого колеса

$$t = 2,2 \times 2,5 = 5,5, \text{ мм}$$

Вибираємо подачу.



Призначаємо подачу на один оборот, який нарізається зубчастого колеса.  
Визначаємо класифікаційну групу, до якої належить зубофрезерний верстат

Верстат - 5 3A10

Визначаємо подачу:

$$S_{o,табл} = 1,20 \text{ мм/об.}$$

Визначаємо поправочні коефіцієнти на подачу за формулою:

$$S_o = S_{o,табл} \times K_{MS} \times K_{\beta S} \quad (2.58)$$

де  $K_{MS}$  – коефіцієнт, що залежить від оброблюваного матеріалу - 1

$K_{\beta S}$  – коефіцієнт, що залежить від кута нахилу зуба - 1

$$S_o = 1,2 \times 1 \times 1 = 1,2$$

Призначаємо період стійкості фрези:

$$T = 240, \text{ хв.}$$

Визначаємо швидкість головного руху різання

Визначаємо допустиму кількість осьових переміщень фрези за час її роботи між двома повторними заточками. Приймаємо 5 переміщень.

Враховуємо поправочні коефіцієнти на швидкість різання за формулою:

$$V = V_{табл.} \times K_{mv} \times K_{\beta v} \times K_{(\omega)v} \times K_v \quad (2.59)$$

$$V = 41,5 \times 1 \times 1 \times 1,3 \times 1 = 53,95 \text{ м/хв.}$$

Розраховуємо частоту обертання фрези за формулою:

$$n = \frac{1000v}{\pi D}, \text{ об/хв.} \quad (2.60)$$

$$n = \frac{1000 \times 53,95}{3,14 \times 80} = 215 \text{ об/хв.}$$

Коригуємо частоту обертання шпинделя по верстату:

$$n_{\phi} = 200 \text{ об/хв.}$$

Уточнюємо швидкість різання за прийнятим значенням  $n_{\phi}$  за формулою:

$$v = \frac{\pi D n_{\phi}}{1000} \text{ м/хв.} \quad (2.61)$$

$$v = \frac{3,14 \times 80 \times 215}{1000} = 54 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо потужність різання за формулою:

$$N_{\text{рез}} = N_{\text{табл}} \times K_{\beta N} \times K_M \times K_n \quad (2.62)$$

де  $N_{\text{табл}}$  – табличне значення потужності різання –  $N_{\text{табл}} = 1,2$  кВт;

$K_M$  – поправочний коефіцієнт в залежності від механічної характеристики сталі –  $K_M = 1$

$K_n$  – поправочний коефіцієнт в залежності від кількості проходів –  $K_n = 1$

$K_{\beta N}$  – поправочний коефіцієнт в залежності від кута нахилу зубів –  $K_{\beta N} = 1$

$$N_{\text{рез}} = 1,2 \text{ кВт.}$$

Перевіряємо достатність потужності приводу верстата

$$N_{\text{шп}} = N_{\text{ст}} \times \eta = 8 \cdot 0,65 = 5,2 \text{ кВт.}$$

$$1,2 \text{ кВт} < 5,2 \text{ кВт.}$$

$N_{\text{рез}} < N_{\text{шп}}$ , отже, обробка можлива.

Розраховуємо основний час за формулою:

$$T_o = \frac{(b+l_1) \times z}{n_{\phi} \times s_{\phi}}, \text{ хв.} \quad (2.63)$$

$$L_B = 1,1 \times \sqrt{t \times (D_{\phi} - t)}, \text{ мм.} \quad (2.64)$$

$$L_B = 1,1 \times \sqrt{5,5 \times (80 - 5,5)} = 22,2 \text{ мм}$$

$$L_{\text{п}} = 4 \text{ мм}$$

де  $l_1$  – врізання і перебігаючи фрези, мм, визначається за формулою

$b$  – ширина зубчастого вінця колеса, мм.

$z$  – число зубів нарізаемого колеса

$n_{\phi}$  – частота обертання, хв.

$s_{\phi}$  – подача на мм/об.

$K$  – число заходів черв'ячної фрези

$$T_o = \frac{(75 + 22,2) \times 18}{200 \times 1,2} = 7,31 \text{ хв.}$$

Розраховуємо норму штучного часу по формулі:

$$T_{\text{шт}} = (T_o + T_B + T_{\text{обс}} + T_{\text{отл}}) \text{ хв.} \quad (2.65)$$

$T_B$  – допоміжний час;  $T_B = 1,54$  хв.

$T_0$  – основний час;  $T_0 = 7,31$  хв.

$T_{обс}$  – час на обслуговування робочого місця знаходиться за формулою

$$T_{обс} = \frac{T_{оп} \times a_{обс}}{100}, \text{ хв.} \quad (2.66)$$

$$a_{обс} = 5 \%$$

$T_{оп}$  – оперативний час, знаходимо за формулою:

$$T_{оп} = T_0 + T_B, \text{ хв.} \quad (2.67)$$

$$T_{оп} = 7,31 + 1,54 = 8,85 \text{ хв.}$$

$$T_{обс} = \frac{8,85 \times 5}{100} = 0,44 \text{ хв.}$$

$T_{отл}$  – час на відпочинок і особисті потреби перебувають розслідування щодо формулі:

$$T_{отл} = \frac{T_{оп} \times a_{отл}}{100}, \text{ хв.} \quad (2.68)$$

де  $a_{отл} = 4 \%$

$$T_{отл} = \frac{8,85 \times 4}{100} = 0,35 \text{ хв.}$$

$$T_{шт} = 7,31 + 1,54 + 0,44 + 0,35 = 9,64 \text{ хв.}$$

Определяем подготовительно заключительное время по формуле:

$$T_{шт-к} = T_{ум} + \frac{T_{пз}}{n}, \text{ хв.} \quad (2.69)$$

де  $n$  – партія запуску;  $n = 34$  шт.

$T_{пз}$  – підготовчо заключний час включає:

1. Час на налагодження верстата, інструменту пристосувань – 30 хв.
2. На пробну обробку деталей – 4,5 хв.
3. На додаткові прийоми 5 хв.
4. На отримання інструменту і пристосувань до початку і здачу їх після закінчення обробки – 7 хв.

$$T_{пз} = 30 + 4,5 + 5 + 7 = 46,5 \text{ хв.}$$

$$T_{шт-к} = 9,64 + \frac{46,5}{34} = 11 \text{ хв.}$$

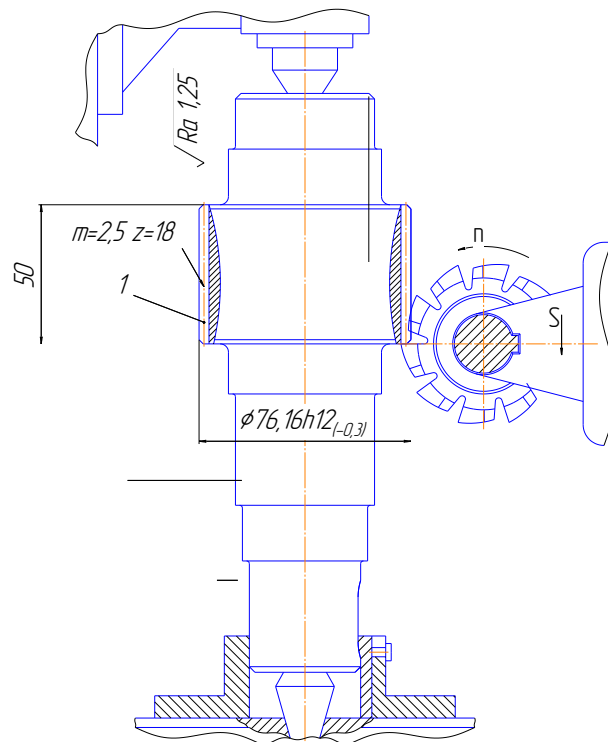


Рисунок 2.8 – Ескіз зубофрезерної операції

В табл. 2.11 наведено нормування операції табличним методом.

Таблиця 2.11 – Нормування операції табличним методом

№ операції	$T_o$	$T_v$	$T_{оп}$	$T_{обсл}$	$T_{шт}$	$T_{пз}$	$T_{шт-к}$
005	0,46	4,9	5,36	0,29	11,01	22	12
010	1,62	0,93	2,55	0,13	5,23	7	5,44
020	1,68	1	2,68	0,134	5,494	8	5,73
025	0,93	0,48	1,41	0,07	2,81	14	3,22
040	4,76	6,5	11,26	0,9	12,16	29	13,1

В табл. 2.12 наведено режими різання призначених табличним методом.

Таблиця 2.12 – таблиця режимів різання призначених табличним методом

№		t	S	V	K	To
1	2	3	4	5	6	7
005	Фрезерно-центрувальна Підрізати торець 2,23 Центрованим відп.1, 22	2 2,5	0,6 0,25	40 22,4	0,011 0,00056	0,473 0,033
010	Токарська чорнова установ 1 Точити пов. 14 Підрізати торець 16 Точити пов. 18 Точити пов. 20	1,85 2 1,5 2	0,4 0,5 0,4 0,4	105 70 105 105	0,000075 0,0000224 0,000075 0,000075	0,32 0,010 0,32 0,32
015	Установ 2 Підрізати торець 12 Точити пов. 10 Точити пов. 8 Точити пов. 6 Точити пов. 4	2 1,5 2 2 2 2	0,5 0,4 0,5 0,5 0,5 0,5	70 105 105 105 105 105	0,000011 0,000075 0,000075 0,000075 0,000075 0,000075	0,010 0,32 0,15 0,07 0,114
020	Круглошліфувальна установ 1 Шліфувати пов. 4 Шліфувати пов. 8 установ 2 Шліфувати пов. 20	0,1 0,1 0,1	0,05 0,05 0,05	30 30 30	0,00012 0,000184 0,000184	0,192 0,744 0,744
025	Шпони фрезерна Фрезерувати пов. 25	0,1	1	44	0,00666	0,93

## РОЗДІЛ 3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

### 3.1 Проектування верстатного пристосування

Пристосування – спеціалізоване універсально-безналадочне з гідроприводом призначений для базування і кріплення заготовок валів при фрезеруванні шпоночних пазів на вертикально-фрезерному верстаті 6Р13.

Пристосування містить корпус 1, до якого за допомогою болтів 18 жорстко прикріплена призма 2. З боків призми розташовані прихвати 9, до яких за допомогою гвинтів 21 прикріплені притиски 3. На нижній частині корпусу закріплюються напрямні шпонки 12, за допомогою яких пристосування базується на столі верстата. Закріплення пристосування на столі здійснюється за допомогою болтів 15.

Пристосування працює наступним чином. Заготівлю встановлюють на призму 2 і кріплять прихватами 9. При подачі масла під тиском у порожнину гідроциліндра 4, поршень разом зі штоком 7 рухається вправо, тиснуть на правий прихват, який притискає з необхідним зусиллям заготовку до призми. Зусилля кріплення на правий прихват передається від шток-поршня гідроциліндра через вушко 11 і вісь 10. Таким чином, здійснюється затиск заготовки. Для разжима тиск масла зменшується, штовхач відходить назад, тягне за собою прихват і віджимає вал.

Силовий розрахунок пристосування.

Розраховуємо швидкість різання за формулою:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_Z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v \quad (3.1)$$

де D – діаметр фрези;

T – період стійкості;

t – глибина фрезерування;

$S_z$  – подача на зуб;

$B$  – ширина фрезерування;

$Z$  – число зубів фрези;

$K_v$  – загальний поправочний коефіцієнт, що враховує фактичні умови різання, знаходимо за формулою:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv} \quad (3.2)$$

де  $K_{mv}$  – коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу;

$K_{pv}$  – коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки;

$K_{iv}$  – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту.

$$K_v = 0,6 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 0,54$$

$$v = \frac{48 \cdot 12^{0,45}}{120^{0,33} \cdot 0,1^{0,5} \cdot 0,1^{0,5} \cdot 12^{0,1} \cdot 2^0} \cdot 0,54 = 133 \text{ м/хв.}$$

Частоту обертання фрези знайдемо за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} \text{ об/хв.} \quad (3.3)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 133}{3,14 \cdot 12} = 3529 \text{ об/хв.}$$

Найближча стандартна частота за паспортом верстата  $n_{ст} = 1600$  об/хв, тому скорегуємо значення швидкості:

$$v_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \text{ м/хв.} \quad (3.4)$$



$$v_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 12 \cdot 1600}{1000} = 60 \text{ м/хв.}$$

Визначимо окружну силу при фрезеруванні за формулою:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^{u \cdot z}}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{\text{мп}} \quad (3.5)$$

$$K_{\text{мп}} = 0,93.$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 0,1^{0,86} \cdot 0,1^{0,72} \cdot 12^1 \cdot 2}{12^{0,86} \cdot 1600^0} \cdot 0,93 = 43$$

Величини інших складових сили різання знайдемо через окружну силу.

Горизонтальна сила (подачі)  $P_h = 0,4 \cdot P_z = 0,4 \cdot 43 = 17,2 \text{ Н.}$

Вертикальна сила  $P_v = 0,9 \cdot P_z = 0,9 \cdot 43 = 38,7 \text{ Н.}$

Радіальна сила  $P_y = 0,4 \cdot P_z = 0,4 \cdot 43 = 17,2 \text{ Н.}$

Осьова сила  $P_x = 0,55 \cdot P_z = 0,55 \cdot 43 = 24 \text{ Н.}$

Розрахунок параметрів силового приводу.

Для закріплення заготовки використовується затискний механізм. У затискних механізмах зазвичай застосовуються пневматичні, гідравлічні і змішані типи приводів.

Пневматичний привід при своїй простоті і зручності експлуатації має ряд недоліків: по-перше, повітря стискаємо і при змінних навантаженнях пневмопривід не забезпечить достатньої жорсткості закріплення. По-друге, даний вид приводу розвиває менше зусилля, ніж гідропривід; і по-третє, через миттєвого спрацювання пневмопривода притиск буде різко вдаряти по деталі, що негативно позначиться і на заготівлі, і на затискному механізмі, і на умовах

праці робітника. Відповідно, в нашому пристосуванні застосуємо гідравлічний привід.

Необхідну силу кріплення  $Q$  заготовки визначаємо за рівнянням:

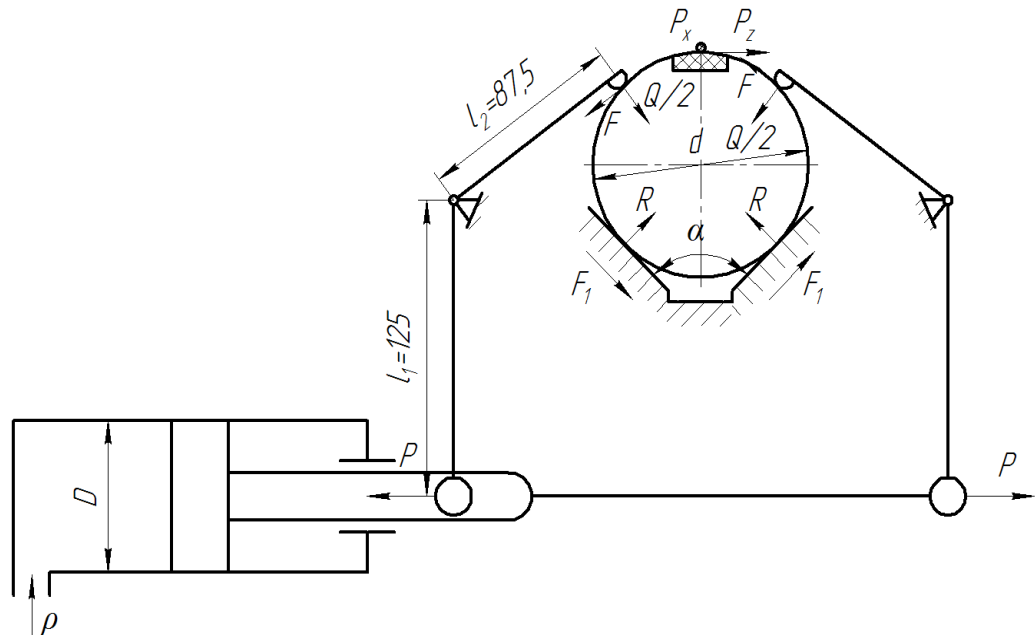


Рисунок 3.1 – Схема затискного механізму

$$Q = \sqrt{Q_{P_z}^2 + Q_{P_x}^2}$$

де  $Q_{P_z}$  – необхідна сила кріплення заготовки при обліку сили різання, що створює момент різання;

$Q_{P_x}$  – необхідна сила закріплення заготовки при обліку сили різання, зміщуються заготовку в напрямку подачі.

Силу  $Q_{P_z}$  і  $Q_{P_x}$  визначаємо з умови статичної рівноваги заготовки, що знаходиться під дією моментів від сил  $P_z$ ,  $P_x$ ,  $F$  и  $F_1$ .

$$-\frac{P_z d}{2} + \frac{(2F + 2F_1)d}{2} = 0; \quad -P_x + 2(F + F_1) = 0$$

Так як  $F = \left(\frac{Q}{2}\right) \operatorname{tg} \varphi$ ;  $F_1 = R \operatorname{tg} \varphi_1$ ;  $R = \frac{Q}{2}$ ;  $\operatorname{tg} \varphi = f$ ;  $\operatorname{tg} \varphi_1 = f_1$ , то з урахуванням коефіцієнта запасу:

$$Q_{P_z} = \frac{K_3 P_z}{(f + f_1)}$$

Аналогічно отримуємо:

$$Q_{P_x} = \frac{K_3 P_x}{f + f_1}$$

Повна сила кріплення заготовки:

$$Q = \sqrt{Q_{P_z}^2 + Q_{P_x}^2} = \sqrt{\left(\frac{K_3 P_z}{(f + f_1)}\right)^2 + \left(\frac{K_3 P_x}{(f + f_1)}\right)^2} \quad (3.6)$$

Приймаємо по [10, с. 384, табл. 3]  $f = f_1 = 0,16$  – коефіцієнти тертя в місцях контакту заготовки з опорами і затискним механізмом відповідно.

У свою чергу коефіцієнт запасу, що враховує нестабільність силових впливів на заготівлю, знаходимо за формулою:

$$K_3 = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6 \quad (3.7)$$

де  $K_0 = 1,5$  – гарантований коефіцієнт запасу;

$K_1 = 1$  – коефіцієнт, що враховує вид технологічної бази;

$K_2 = 1,3$  – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання внаслідок затуплення різального інструменту;

$K_3 = 1,2$  – коефіцієнт, що враховує уривчастість різання;

$K_4 = 1$  – коефіцієнт, що характеризує сталість сили, що розвивається затискним механізмом.

$K_5 = 1$  – коефіцієнт, що характеризує ергономіку затискного механізму.

$K_6 = 1$  – коефіцієнт, що характеризує установку заготовки.

$$K_3 = 1,5 \cdot 1 \cdot 1,3 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 2,34$$

Так як в результаті розрахунку  $K_3 < 2,5$ , то приймаємо  $K_3 = 2,5$ .

$$Q_{P_z} = \frac{2,5 \cdot 43}{0,32} = 336 \text{ Н}$$

$$Q_{P_x} = \frac{2,5 \cdot 24}{0,32} = 186 \text{ Н}$$

$$Q = \sqrt{336^2 + 186^2} = 384 \text{ Н}$$

З умови статичної рівноваги прихватів  $\frac{Q}{2} = Pl_1/l_2$ .

Сила силового циліндра, необхідна для закріплення заготовки, дорівнює  $P = 0,25\pi D^2 \rho \eta$ , тоді діаметр поршня циліндра може бути розрахований за формулою:

$$D = \sqrt{\frac{2Ql_2}{\pi\eta\rho l_1}} \quad (3.8)$$

$$D = \sqrt{\frac{4Ql_2}{\pi\eta\rho l_1}} \quad (3.9)$$

де  $\rho$  – робочий тиск масла, яке приймається в розрахунках рівним 1 МПа;  
 $\eta = 0,9$  – ККД.

Визначаємо діаметр поршня гідроциліндра:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 384 \cdot 87,5}{3,14 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 125}} = 120 \text{ мм}$$

В якості приводу фрезерного пристосування вибираємо гідроциліндр по ГОСТ 19899-74 з діаметром поршня 125 мм.

$$P = 0,25\pi D^2 \rho \eta = 11039 \text{ Н.}$$

$$Q = 384 \text{ Н.}$$

Оскільки дійсна сила затиску  $P$  перевищує необхідну силу кріплення  $Q$ , заготовки, то розрахунок виконано вірно.

Розрахунок пристосування на точність одержуваних розмірів.

Збірка шпонкових з'єднань здійснюється за методом повної взаємозамінності без додаткового доопрацювання шпонки або паза.

Точність паза визначається точністю розмірів.

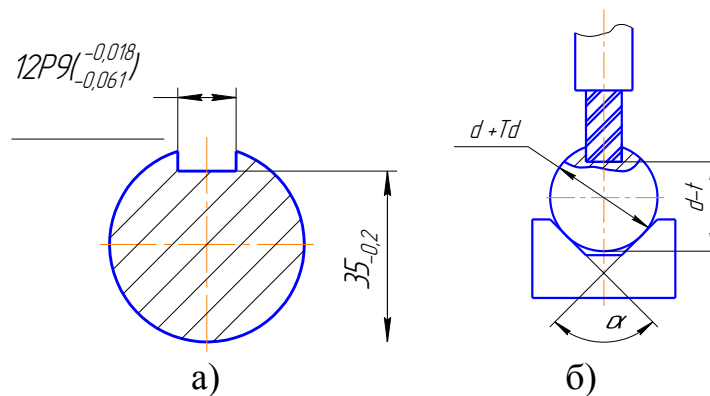


Рисунок 3.2 – Схема пазу

а) перетин паза; б) схема обробки

При роботі на налагодженому устаткуванні точність розмірів  $d - t$  і  $t$  залежить від точності настройки ріжучого інструменту і від точності виконання елементів пристосування.

Точність елементів пристосування в напрямку розміру розраховуємо за формулою:

$$\varepsilon_{\text{пр}}^{d-t} = T_{d-t} - K_T \cdot \sqrt{(K_{T1} \cdot \varepsilon_{\delta})^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{\text{y.з.}}^2 + \varepsilon_{\text{и}}^2 + (K_{T2} \cdot \omega)^2} \quad (3.10)$$

де  $T_{d-t}$  – операційний допуск на розмір  $d - t$ ,  $T_{d-t} = 0,2$  мм;

$K_T$  – коефіцієнт, що враховує відхилення розсіювання значень складових величин від закону нормального розподілу,  $K_T = 1$ ;

$K_{T1}$  – коефіцієнт, що враховує зменшення похибки базування при роботі на налагодженому устаткуванні,  $K_{T1} = 0,8$ ;

$\varepsilon_6$  – похибка базування в напрямку операційного розміру;

$\varepsilon_3$  – похибка закріплення;

$\varepsilon_{y.э.}$  – похибка, що залежить від точності виготовлення установочного елемента (призми) ;

$\varepsilon_{и}$  – похибка зносу установочного елемента;

$\omega$  – економічна точність обробки,  $\omega = 0,09$ ;

$K_{T2}$  – коефіцієнт, що враховує частку похибки обробки в сумарній похибці методу, що викликається факторами, не залежними від пристосування,

$K_{T2} = 0,6$ .

При установці в призму порушується принцип єдності баз і за розміром  $d - t$  з'являється похибка:

$$\varepsilon_6 = 0,5 \cdot 0,1 \cdot \left( \frac{1}{\sin 45^\circ} - 1 \right) = 0,021 \text{ мм} \quad (3.11)$$

Величину  $\varepsilon_3$  розраховуємо за формулою:

$$\varepsilon_3 = \frac{0,1 \cdot C_M \cdot \Delta W}{\sin \alpha} \quad (3.12)$$

де  $C_M$  – поправочний коефіцієнт, що враховує вид матеріалу заготовки, для сталі  $C_M = 0,026$ .

$\Delta W$  – мінливість сили затиску визначаємо, використовуючи формулу:

$$\Delta W = 0,2 \cdot W_3 \quad (3.13)$$

$$\Delta W = 0,2 \cdot 15 = 3$$

$$\varepsilon_3 = \frac{0,1 \cdot 0,026 \cdot 3}{\sin 45^\circ} = 0,011 \text{ мм}$$

Враховуючи, що  $\Delta B = 0,05$  мм визначаємо похибку  $\varepsilon_{y.з.}$  за формулою:

$$\varepsilon_{y.з.} = \frac{\Delta B}{\operatorname{tg} \alpha}, \text{ мм} \quad (3.14)$$

$$\varepsilon_{y.з.} = \frac{0,05}{\operatorname{tg} 45^\circ} = 0,05 \text{ мм}$$

Похибка зносу установочного елемента розраховуємо за формулою:

$$\varepsilon_{и} = I_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot \frac{N_\Phi}{N} \quad (3.15)$$

де  $I_0$  – середній знос установочного елемента при базовому числі установок  $N = 100000$ .  $I_0 = 115$  мкм;

$K_1$  – коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу заготовки,  $K_1 = 0,97$ ;

$K_2$  – коефіцієнт, що враховує вид обладнання,  $K_2 = 1$ ;

$K_3$  – коефіцієнт, що враховує умови обробки,  $K_3 = 0,94$ ;

$K_4$  – коефіцієнт, що враховує число установок заготовки  $N_\Phi$ , що відрізняється від прийнятого  $N$ ,  $K_4 = 2,4$ .

$$\varepsilon_{и} = 115 \cdot 0,97 \cdot 1 \cdot 0,94 \cdot 2,4 \cdot 0,1 = 25,17 \text{ мкм} \approx 0,025 \text{ мм}$$

Визначаємо похибку:

$$\varepsilon_{\text{пр}}^{d-t} = 0,2 - 1 \cdot \sqrt{(0,8 \cdot 0,021)^2 + 0,011^2 + 0,05^2 + 0,025^2 + (0,6 \cdot 0,09)^2} =$$

$$= 0,12 \text{ мм}$$

Так як  $\varepsilon_{\text{пр}}^{d-t} < T_{d-t}$ , тобто  $0,12 < 0,2$  – спроектоване пристосування забезпечує необхідну точність отримання заданого розміру.

### 3.2 Опис і розрахунок ріжучого інструменту

Різець складається з головки (робочої або несучої ріжучої частини) і тіла (корпусу або державки).

Ріжуча частина різця – твердий сплав.

Сплави відрізняються високою твердістю (HRA 82...92), що поєднується з опором зношування при терті про метали і про неметалеві матеріали, ці властивості зберігаються в значній мірі і при підвищених температурах.

Сплави не піддавалися помітною деформацією при низьких температурах і майже не схильні до пружної деформації: величина модуля пружності у твердих сплавів вище, ніж у всіх відомих в техніці матеріалів.

Тверді сплави відрізняються також вельми високою межею міцності при стисненні. Значення межі міцності при вигині і ударної в'язкості цих сплавів невеликі. Сплави мають відносно високу теплопровідність і електропровідність, що наближається до електропровідності заліза і його сплавів. У хімічному відношенні тверді сплави є дуже стійкими проти впливу кислот і лугів, деякі сплави помітно не окислюються на повітрі навіть при 600-800 °С.

Корпус різця характеризується формою поперечного перерізу, матеріалом, твердістю посадкового місця пластини з твердого сплаву і розмірно-геометричними параметрами.

Матеріал корпусу виберемо сталь 40Х ГОСТ 4543-71 з метою економії дорогих матеріалів державки. Для продовження терміну служби корпусу (а значить і різця) застосуємо опорну пластину твердосплавну однокарбідную ВК8 ГОСТ 3882-74.



Умови обробки.

Матеріал ріжучої частини – Т15К6 (ГОСТ 3882-74).

Вибираємо чотиригранну пластину по ГОСТ 19049-80 [3, табл.4.13, с.128],

Основні розміри:

$$l = 9,525 \text{ мм};$$

$$d = 9,525 \text{ мм};$$

$$S = 3,18 \text{ мм};$$

$$r = 0,8 \text{ мм}; [3, \text{табл. 4.15, с. 138}].$$

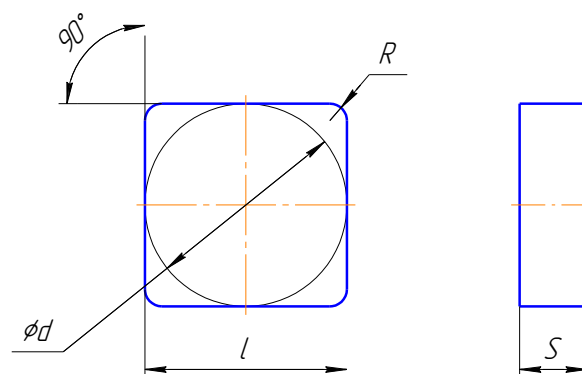


Рисунок 3.3 – Пластина чотиригранної форми (ГОСТ 19049-80)

Основні параметри різця:

$$h \times b = 16 \times 16 \text{ мм};$$

$$l_1 = 100 \text{ мм}; h_1 = 16 \text{ мм};$$

$$h_2 = 24 \text{ мм};$$

$$l = 9 \text{ мм};$$

$$l_2 = 25 \text{ мм};$$

$$f = 20 \text{ мм}.$$

Геометричні параметри різця.

Головний передній кут  $\gamma = 10$ ;

Головний задній кут  $\alpha = 10$ ;

Головний кут в плані  $\varphi = 45$ ;

допоміжний кут в плані  $\varphi_1 = 45$ ;

радіус вершини леза  $r = 0,5 \text{ мм}$ .

Глибина різання

$t = 1,85$  мм на сторону (чорнове точіння).

Подача

$S = 1,3$  мм/об [1, табл. 13, с. 366].

Швидкість різання визначається за формулою 3.16:

$$V_{\text{рез.}} = \frac{Cv}{T^m \times t^x \times S^y} \times K_v, \text{ м/хв.} \quad (3.16)$$

де  $Cv$  – показник, що характеризує опрацьований матеріал, вибираємо за нормативами;  $Cv = 280$ ;

$x = 0,15; y = 0,45; m = 0,5$ .

$T$  – Стійкість різального інструменту хв;  $T = 60$  хв;

$t$  – глибина різання;

$S$  – подача.

$K_p$  – загальний поправочний коефіцієнт, чисельно дорівнює добутку ряду коефіцієнтів, кожен з яких відображає вплив певного чинника на силу різання визначається за формулою:

$$K_v = K_{mv} \times K_{pv} \times K_{iv} \quad (3.17)$$

$$K_{iv} = 1$$

$$K_{pv} = 1$$

$$K_{mv} = K_r \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1 \left( \frac{750}{980} \right)^1 = 0,77$$

$Cv = 280$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,45$ ;  $m = 0,5$  [1, табл. 17, с. 367].

$$K_v = 0,77 \times 1 \times 1 = 0,77$$

$$V_{\text{рез.}} \frac{280}{60^{0,5} \times 1,85^{0,15} \times 1,3^{0,45}} \times 0,77 = 78,4 \text{ м/хв}$$

Розраховуємо частоту обертання фрези за формулою:

$$n = \frac{1000v}{\pi D}, \text{ об/хв.} \quad (3.18)$$

$$n = \frac{1000 \times 78,4}{3,14 \times 81} = 308 \text{ об/хв.}$$

Визначення дійсної частоти обертання.

$$n_{\phi} = 315 \text{ об/хв.}$$

Фактична швидкість різання визначається за формулою:

$$V_{\text{д.}} = \frac{\pi D n_{\phi}}{1000} \text{ м/хв.} \quad (3.19)$$

$$V_{\text{д.}} = \frac{3,14 \times 81 \times 315}{1000} = 80 \text{ м/хв.}$$

Сила різання визначається за формулою:

$$P_x = 10C \times t^x \times S^y \times V^n \times K_p, \text{ Н} \quad (3.20)$$

де  $C = 300$ ;  $x = 1$ ;  $y = 0,75$ ;  $n = -0,15$ ;

$K_p$  – поправочний коефіцієнт, що враховує фактичні умови різання, визначається за формулою:

$$K_p = K_{\text{м.р}} \times K_{\text{ф.р.}} \times K_{\text{γ.р.}} \times K_{\text{λр.}} \quad (3.21)$$

де  $K_{м.р}$  – поправочний коефіцієнт що враховує якість оброблюваного матеріалу.

$$K_{м.р} = \left(\frac{\sigma}{750}\right)^n$$

$K_{ф.р}$  – поправочний коефіцієнт, що враховує кут в плані;

$K_{\gamma.р}$  – поправочний коефіцієнт, що враховує кут в плані;

$K_{\lambda.р}$  – поправочний коефіцієнт, що враховує нахилу головного леза.

$$K_{м.р} = \left(\frac{980}{750}\right)^{0,75} = 1,21$$

$$K_p = 1,21 \times 1 \times 1 \times 1 = 1,21$$

$$P_x = 10 \times 300 \times 1,85^1 \times 1,3^{0,75} \times 80^{-0,15} \times 1,21 = 4517 \text{ Н.}$$

Потужність різання визначаємо за формулою:

$$N_{рез.} = \frac{P_z \times V_d}{60 \times 1020} \quad (3.21)$$

$$N_{рез.} = \frac{4517 \times 81}{60 \times 1020} = 6 \text{ кВт.}$$

Потужність верстата моделі 16К20 за паспортом 10 кВт. Отже, обрані режими різання задовольняють паспортним даним верстата.

Вибір форми перерізу державки і визначення її розмірів

Визначимо ширину  $b$  поперечного перерізу державки за формулою:

$$b = \sqrt[3]{\frac{6P_z l}{400}} \quad (3.22)$$

де  $l$  – виліт різця;  $l = 40$  мм;

$$\sigma_{u,d} = 400 \text{ МПа.}$$

$$b = \sqrt[3]{\frac{6 \times 4517 \times 40}{400}} = 13,94$$

Приймаємо  $b$  и  $h$  – 16 мм.

Розрахунок міцності і жорсткості державки різця

Максимальне навантаження, що допускається міцністю різця визначаємо за формулою:

$$P_{Z \text{ доп}} = \frac{b \times h^2 \times \sigma_{u,d}}{6l}, \text{ Н} \quad (3.23)$$

$$P_{Z \text{ доп}} = \frac{16 \times 16^2 \times 400}{6 \times 40} = 6827 \text{ Н}$$

Максимальне навантаження, що допускається жорсткістю різця визначається за формулою:

$$j = \frac{b \times h^3}{12} \text{ Н} \quad (3.24)$$

$$j = \frac{16 \times 16^3}{12} = 5461$$

$$P_{Z \text{ жест}} = \frac{3f \times E \times j}{l^3} = \frac{3 \times 0,1 \times 2 \times 10^5 \times 5461}{40^3} = 5120 \text{ Н}$$

де  $f = 0,1$  мм;

$$E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа;}$$

Різець володіє достатніми міцністю і жорсткістю в разі, коли:

$$P_z \leq P_{z_{\text{доп}}}$$

$$P_z \leq P_{z_{\text{жест}}}$$

$6827 > 4517 < 5119,97 \text{ Н}$  – умова виконується.

### 3.3 Схема контролю або контрольне пристосування

Для контролю виконання технічних вимог креслення допуск радіального биття поверхонь під підшипники діаметром 50k6 відносно один одного – 0,04 мм рекомендується виконувати на контрольному місці-компонуванні при установці деталі в центрах.

Компонування для вимірювання радіального биття складається з базуючих центрів і вимірювальних приладів. Вимірювальний прилад включає в себе вимірювальну головку з індикатором годинникового типу, встановлену на штативі. Схема контролю показана на рисунку 3.4.

Радіальне биття це різниця найбільшого і найменшого відстаней від точок радіальній поверхні до базової осі обертання в перерізі, перпендикулярному до цієї осі.

Порядок вимірювання радіального биття. Необхідно протерти чистою тканиною вимірювані поверхні деталі і її центрові отвори, ретельно оглянути конічні ділянки центрових отворів і переконається у відсутності забоин і задирок, так як їх наявність різко збільшує вимірювальну величину биття поверхні. Встановити деталь в центрах. Підготувати вимірювальних прилад, встановити в початкове положення.

Створити контакт вимірювального наконечника з поверхнею вала і далі до повороту головної стрілки індикатора на повний оборот.

Повертати вал в центрах до установки стрілки індикатора в найбільшу положення при обертанні в напрямку годинникової стрілки.

Встановити на «0» шкалу індикатора по положенню стрілки, для чого плавно повернути ободок з циферблатом до суміщення осі головної стрілки і середини нульового штриха шкали.

При повороті вала на 360 градусів, спостерігати за показаннями вимірювальних головок і фіксувати замір. Відхилення стрілки кожної з двох вимірювальних головок складе подвоєне значення відхилення співвісності отворів.

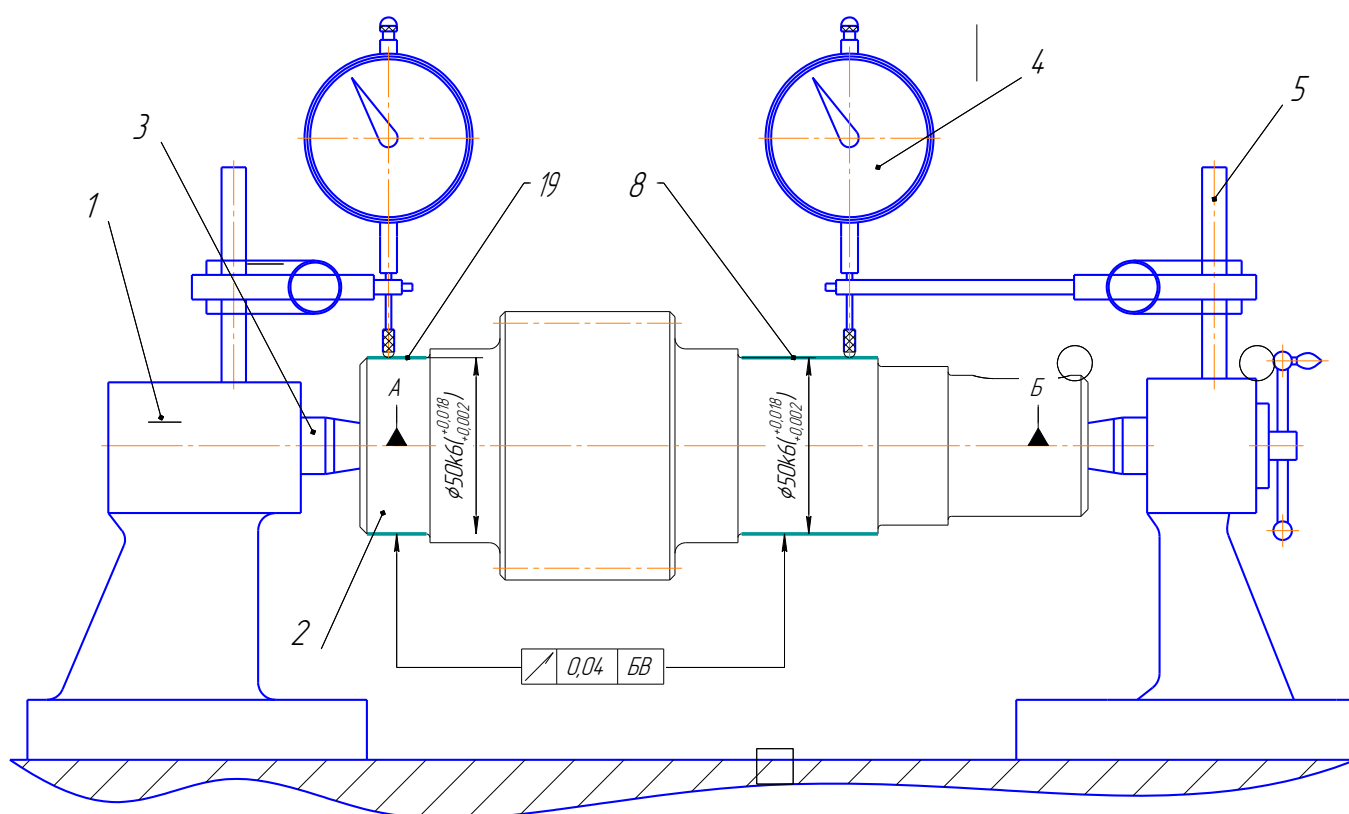


Рисунок 3.4 – Схема контролю радіального биття вала

## РОЗДІЛ 4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 4.1 Розрахунок кількості обладнання та його завантаження

Річна трудомісткість робіт механічного ділянки становить 83600 н-год. На ділянці обробляються деталі «Вал-шестерня». Річна програма – 1100 шт.

Трудомісткість робіт по операціях розподіляється наступним чином, в %.

Фрезерно-центровальна – 4 %.

Токарська чорнова – 30 %

Сверлильна – 9 %.

Фрезерна – 21 %.

Расточная – 5 %.

Зуборізна – 9 %.

Протяжна – 4 %.

Шліфувальна – 10 %.

Відрізна – 4 %

Інші операції – 4 %.

Для розрахунку завантаження обладнання необхідно розрахувати кількість обладнання за формулою:

$$C_p = \frac{T_{\text{опер.}}}{T_p \times K_v}, \text{ ед.} \quad (4.1)$$

де  $T_{\text{опер.}}$  – загальна трудомісткість робіт по операціях, н-год;

$K_v$  – коефіцієнт виконання норм;

$T_p$  – при двозмінному режимі роботи ділянки – 3850 год/рік.

$K_v = 1,2$ .



Розраховуємо трудомісткість робіт по операціях за формулою:

$$T_{\text{опер.}} = T_{\text{год}} \times \Pi, \text{ н - ч.} \quad (4.2)$$

де  $T_{\text{год}}$  – річна трудомісткість робіт по ділянці;  
 $\Pi$  – відсоток виконання робіт за операціями.

$$T_{\text{ф.ц.}} = 83600 \times 0,04 = 3344 \text{ н-ч.}$$

$$T_{\text{ток.}} = 83600 \times 0,30 = 25080 \text{ н-ч.}$$

$$T_{\text{сверл.}} = 83600 \times 0,09 = 7524 \text{ н-ч.}$$

$$T_{\text{фрез.}} = 83600 \times 0,21 = 17556 \text{ н-ч.}$$

$$T_{\text{раст.}} = 83600 \times 0,05 = 4180 \text{ н-ч.}$$

$$T_{\text{зуб.}} = 83600 \times 0,09 = 7524 \text{ н-ч.}$$

$$T_{\text{прот.}} = 83600 \times 0,04 = 3344 \text{ н-ч.}$$

$$T_{\text{шлиф.}} = 83600 \times 0,10 = 8360 \text{ н-ч.}$$

$$T_{\text{отр.}} = 83600 \times 0,04 = 3344 \text{ н-ч.}$$

$$T_{\text{проч.}} = 83600 \times 0,04 = 3344 \text{ н-ч.}$$

Розрахункова кількість обладнання визначаємо за формулою:

$$C_p = \frac{T_{\text{опер.}}}{T_{\text{п}} \times K_p}, \text{ шт.} \quad (4.3)$$

де  $T_{\text{опер.}}$  - трудомісткість за операціями, г;

$K_p$  - коефіцієнт виконання норми 1.1 ÷ 1.2. Приймаються – 1.2;

$T_{\text{п}}$  - корисний фонд часу роботи обладнання в дві зміни – 3850, г.

$$C_{p_{\text{ф.ц.}}} = \frac{3344}{3850 \times 1,2} = 0,72 \quad \text{Приймаємо } C_{p_{\text{ф.ц.}}} = 1 \text{ од.}$$

$$\begin{array}{ll}
C_{p_{\text{ток.}}} = \frac{25080}{3850 \times 1,2} = 5,43 & \text{Приймаємо } C_{p_{\text{ток.}}} = 6 \text{ од.} \\
C_{p_{\text{сверл.}}} = \frac{7524}{3850 \times 1,2} = 1,63 & \text{Приймаємо } C_{p_{\text{сверл.}}} = 2 \text{ од.} \\
C_{p_{\text{фрез.}}} = \frac{17556}{3850 \times 1,2} = 3,8 & \text{Приймаємо } C_{p_{\text{шлиф.}}} = 4 \text{ од.} \\
C_{p_{\text{раст.}}} = \frac{4180}{3850 \times 1,2} = 0,9 & \text{Приймаємо } C_{p_{\text{раст.}}} = 1 \text{ од.} \\
C_{p_{\text{зуб.}}} = \frac{7524}{3850 \times 1,2} = 1,63 & \text{Приймаємо } C_{p_{\text{зуб.}}} = 2 \text{ од.} \\
C_{p_{\text{протяж.}}} = \frac{3344}{3850 \times 1,2} = 0,72 & \text{Приймаємо } C_{p_{\text{протяж.}}} = 1 \text{ од.} \\
C_{p_{\text{шлиф.}}} = \frac{8360}{3850 \times 1,2} = 1,81 & \text{Приймаємо } C_{p_{\text{шлиф.}}} = 2 \text{ од.} \\
C_{p_{\text{отр.}}} = \frac{3344}{3850 \times 1,2} = 0,72 & \text{Приймаємо } C_{p_{\text{отр.}}} = 1 \text{ од.} \\
C_{p_{\text{проч.}}} = \frac{3344}{3850 \times 1,2} = 0,72 & \text{Приймаємо } C_{p_{\text{проч.}}} = 1 \text{ од.}
\end{array}$$

Коефіцієнт завантаження устаткування розраховується за формулою:

$$K_z = \frac{C_p}{C_{\text{пр.}}} \leq 1 \quad (4.4)$$

де  $C_p$  – розрахункова кількість обладнання, од;  
 $C_{\text{пр.}}$  – прийняте кількість устаткування.

$$K_{z_{\text{ф.ц.}}} = \frac{0,72}{1} = 0,72$$

$$K_{z_{\text{ток.}}} = \frac{5,43}{6} = 0,91$$

$$K_{z_{\text{сверл.}}} = \frac{1,63}{2} = 0,82$$

$$K_{z_{\text{фрез.}}} = \frac{3,8}{4} = 0,95$$

$$K_{z_{\text{раст.}}} = \frac{0,90}{1} = 0,90$$

$$K_{ззуб.} = \frac{1,63}{2} = 0,82$$

$$K_{зпротяж.} = \frac{0,72}{1} = 0,72$$

$$K_{зшлиф} = \frac{1,81}{2} = 0,91$$

$$K_{зотр} = \frac{0,72}{1} = 0,72$$

$$K_{зпроч.} = \frac{0,72}{1} = 0,72$$

Середній коефіцієнт завантаження обладнання визначається за формулою:

$$K_{зср} = \frac{\sum C_{р}}{\sum C_{сп}} \leq 1 \quad (4.5)$$

$$K_{зср} = \frac{5,43 + 0,72 + 1,81 + 3,8 + 1,63 + 1,63 + 0,9 + 0,72 + 0,72 + 0,72}{1 + 6 + 2 + 4 + 1 + 2 + 1 + 2 + 1 + 1} = 0,86$$

Таблиця 4.1 – Розрахункова кількість обладнання і його завантаження

Операції	Розрахункова кількість обладнання	Прийнята кількість обладнання	Коефіцієнт завантаження обладнання
Фрезерно-центрувальна	0,72	1	0,72
Токарська	5,43	6	0,91
Сверлильна	1,63	2	0,82
Фрезерна	3,8	4	0,95
Расточной	0,90	1	0,90
Зуборізна	1,63	2	0,82
Протяжна	0,72	1	0,72
Шліфувальна	1,81	2	0,91
Відрізна	0,72	1	0,72
Інші	0,72	1	0,72
РАЗОМ	18,08	21	0,86

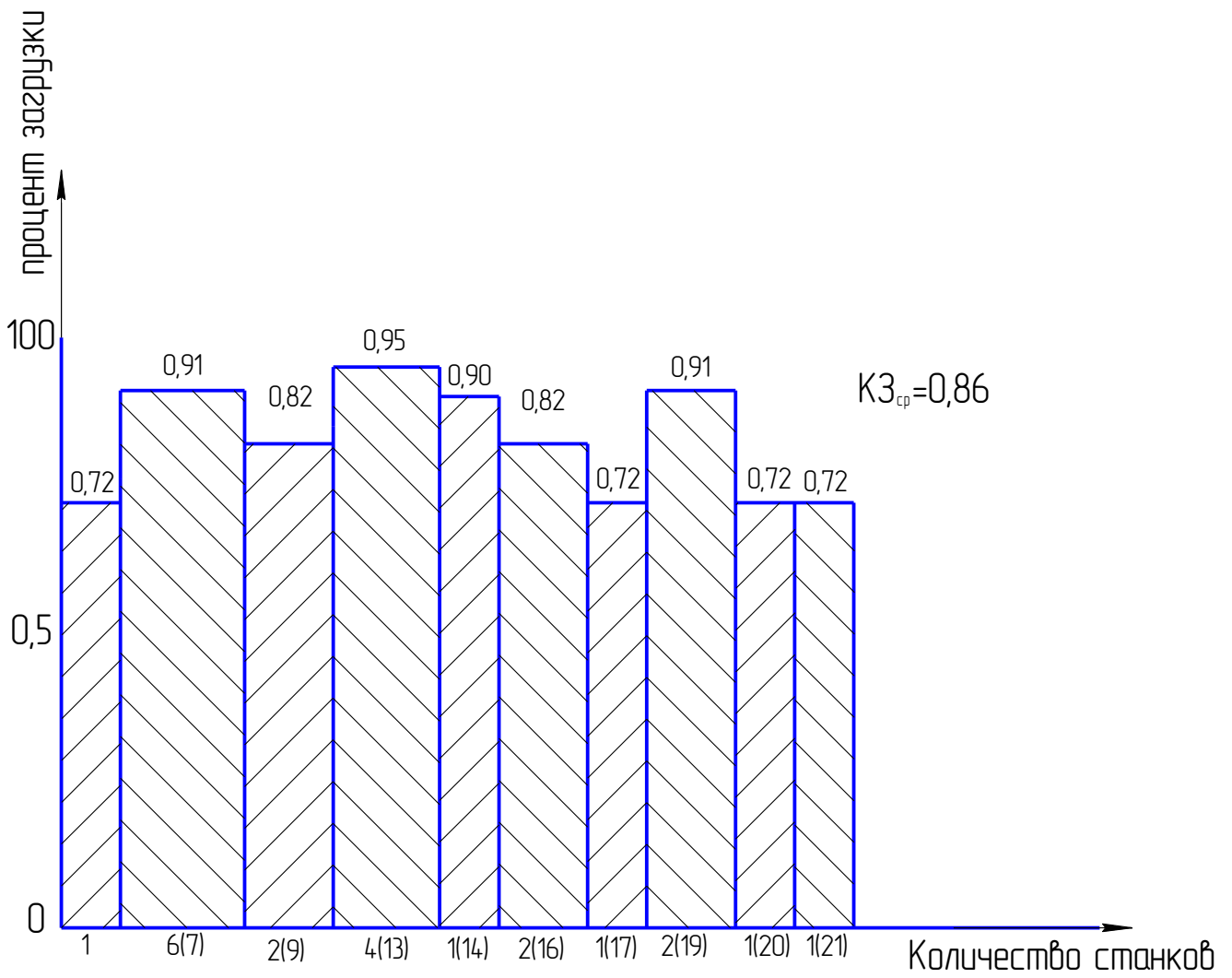


Рисунок 4.1 – Графік завантаження обладнання

Таблиця 4.2 – Характеристика обладнання

Обладнання	Модель	Прийнята кількість	Габаритні розміри, мм	Потужність, кВт		Ціна, грн.		Монтаж, 15%	Повна вартість
				Однo	Всіх стан-ків	одного	всіх		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Токарно-гвинторізний	16К20	3	2505x1198	10	30	20000 0	600000	90000	690000
Токарно-патронний	16К20Ф3С5	3	3360x1170	11	33	30000 0	900000	135000	1035000
Фрезерно-центрувальний	МР73	1	1720x2560	7,5	7,5	23000 0	230000	34500	264500
Радіально-свердильний	2М57	2	1500x1630	7,5	15	39500 0	790000	118500	908500
Шпоночно-фрезерний	692Р	2	2080x1640	2,2	4,4	32900 0	658000	98700	756700
Горизонтально-фрезерний	6Р83	2	2560x2340	22	44	167000	334000	50100	384100
Координатно-розточний	2Д450	1	3305x2705	2	2	129350 0	129350 0	194025	1487525
Зубофрезерний вертикальний	53А10	2	1300x980	3,4	6,8	40000 0	800000	120000	920000

Продовження таблиці 4.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Протяжний	7Б56	1	7200x2135	30	30	682500	682500	102375	784875
Кругло-шліфувальний	3М150	1	4344x3480	4	4	495500	495500	74325	569825
Зубошліфувальний	5851	1	3170x1820	5,4	5,4	2380000	2380000	357000	2737000
Відрізний	8А240	1	1370x1160	10	10	56000	56000	8400	64400
Зубозакругло-вочний	5582	1	1820x1500	3,8	3,8	70000	70000	10500	80500
Разом		21			195,9		9289500	1393425	10682925

## 4.2 Розрахунок чисельності робітників

Чисельність робітників на ділянці визначаються по кожній категорії.

Чисельність основних виробничих робітників розраховується за формулою:

$$K_p = \frac{T}{F_d \times K_v}, \text{ чол.} \quad (4.6)$$

де  $T$  – трудомісткість за операціями, год.

$F_d$  – дійсний фонд часу, год.

$K_v$  – коефіцієнт виконання норм.

$K_{p_{\text{ф.ц.}}} = \frac{3344}{1850 \times 1,2} = 1,51$	$K_{p_{\text{ф.ц.}}} - \text{приймаємо 2 чол.}$
$K_{p_{\text{ток.}}} = \frac{25080}{1850 \times 1,2} = 11,30$	$K_{p_{\text{ток.}}} - \text{приймаємо 12 чол.}$
$K_{p_{\text{сверл.}}} = \frac{7524}{1850 \times 1,2} = 3,39$	$K_{p_{\text{сверл.}}} - \text{приймаємо 4 чол.}$
$K_{p_{\text{фрез.}}} = \frac{17556}{1850 \times 1,2} = 7,91$	$K_{p_{\text{фрез.}}} - \text{приймаємо 8 чол.}$
$K_{p_{\text{раст.}}} = \frac{4180}{1850 \times 1,2} = 1,88$	$K_{p_{\text{раст.}}} - \text{приймаємо 2 чол.}$
$K_{p_{\text{зуб.}}} = \frac{7524}{1850 \times 1,2} = 3,39$	$K_{p_{\text{зуб.}}} - \text{приймаємо 4 чол.}$
$K_{p_{\text{протяж.}}} = \frac{3344}{1850 \times 1,2} = 1,51$	$K_{p_{\text{протяж.}}} - \text{приймаємо 2 чол.}$
$K_{p_{\text{шлиф.}}} = \frac{8360}{1850 \times 1,2} = 3,77$	$K_{p_{\text{шлиф.}}} - \text{приймаємо 4 чол.}$
$K_{p_{\text{отр.}}} = \frac{3344}{1850 \times 1,2} = 1,51$	$K_{p_{\text{отр.}}} - \text{приймаємо 2 чол.}$
$K_{p_{\text{зуб.}}} = \frac{3344}{1850 \times 1,2} = 1,51$	$K_{p_{\text{зуб.}}} - \text{приймаємо 2 чол.}$

Загальну суму основних робочих знаходимо за формулою:

$$\begin{aligned} \Sigma_{\text{Осн.}} = & K_{p_{\text{ток.}}} + K_{p_{\text{ф.ц.}}} + K_{p_{\text{шлиф.}}} + K_{p_{\text{фрез.}}} + K_{p_{\text{зуб.}}} + K_{p_{\text{сверл.}}} + K_{p_{\text{раст.}}} + \\ & + K_{p_{\text{протяж.}}} + K_{p_{\text{оператор.}}}, \text{чол.} \end{aligned} \quad (4.7)$$

$$\Sigma_{\text{осн.}} = 2 + 12 + 4 + 8 + 2 + 4 + 2 + 4 + 2 + 2 = 42 \text{ чол.}$$

$$K_{p_{\text{всп.}}} = 42 \times 0,2 = 8,4$$

$K_{p_{\text{всп.}}}$  – приймаємо 9 чол.

ИТР = 2, чол.

МОП =  $(42+9+2) \times 0,02 = 1,06$

Приймаємо МОП – 2 чол.

В табл. 4.3 наведено розподіл робітників за розрядами і змінах.

Таблиця 4.3 – Розподіл робітників за розрядами і змінах

Категорія працівників	Кіл-ть осіб	За розрядами						По змінах		Ср. тариф. Раз.	Середн. тарифний коефіцієнт
		1	2	3	4	5	6	1	2		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Основні працівники											
1.1 Токар	12	-	1	3	5	2	1	6	6	3,9	1,34
1.2 Зацентровщик	2	-	1	1	-	-	-	1	1	2,5	1,15
1.3 Шліфувальник	4	-	-	1	1	1	1	2	2	4,5	1,44
1.4 Фрезерувальник	8	-	1	2	3	1	1	4	4	3,9	1,34
1.5 Зуборезчик	4	-	-	1	2	1	-	2	2	4	1,34
1.6 Свердлувальник	4	-	-	1	2	1	-	2	2	4	1,34
1.7 Розточувальник	2	-	-	-	1	1	-	1	1	4,5	1,41
1.8 Протяжник	2	-	-	-	1	1	-	1	1	4,5	1,41
1.9 Зуборезчик	2	-	1	1	-	-	-	1	1	2,5	1,15
1.10 Різчик по металу	2	-	1	1	-	-	-	1	1	2,5	1,15
Разом:	42	-	5	11	15	8	3	21	21	3.7	1,31



Продовження табл. 4.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Допоміжні працівники											
2.1 Наладчик обладнання	3	-	-	-	1	1	1	2	1	5	1,51
2.2 Слюсар	2	-	-	-	1	1	-	1	1	4,5	1,41
2.3 Кранівник	2	-	-	1	1	-	-	1	1	3,5	1,27
2.4 Контролер	2	-	-	-	-	1	1	1	1	5,5	1,61
Разом:	9	-	-	1	3	3	2	5	4	4,6	1,45
Всього по ділянці:	51	-	5	12	18	11	5	26	25	4	1,35

Таблиця 4.4 - Структурний склад механічного ділянки

Категорія працівників	Чисельність, чол.	По змінах		У % до загальної чисельності
		1	2	
Основні	42	21	21	76,36
Допоміжні	9	5	4	16,36
ИТР	2	1	1	3,64
МОП	2	1	1	3,64
Разом	55	28	27	100

### 4.3 Розрахунок площі ділянки і планування обладнання

Загальна площа ділянки розраховується за формулою:

$$P_{\text{общу}} = P_{\text{пр.}} + P_{\text{всп.}}, \text{ м}^2 \quad (4.8)$$

де  $P_{\text{пр.}}$  – виробнича площа,  $\text{м}^2$ ;

$P_{\text{всп.}}$  – допоміжна площа,  $\text{м}^2$ .

Виробнича площа розраховується за формулою:

$$P_{\text{пр}} = (a \times b + P_{\text{доп.}}) \times C_{\text{пр.}}, \text{ м}^2 \quad (4.9)$$

де  $a$  і  $b$  – габаритні розміри прийнятого устаткування, м;

$P_{\text{доп.}}$  – додаткові розміри прийнятого устаткування, м;

$C_{\text{пр.}}$  – прийнята кількість обладнання даної моделі (таблиця 4.2).

$$P_{\text{пр}_{16\text{K}20}} = (2,505 \times 1,198 + 10) \times 3 = 39 \text{ м}^2$$

$$P_{\text{пр}_{16\text{K}20\text{Ф}3\text{C}5}} = (3,360 \times 1,17 + 10) \times 3 = 41,79 \text{ м}^2$$

$$P_{\text{пр}_{\text{MP}73}} = (1,72 \times 2,56 + 10) \times 1 = 14,4 \text{ м}^2$$

$$P_{\text{пр}_{2\text{M}57}} = (3,5 \times 1,63 + 10) \times 2 = 31,41 \text{ м}^2$$

$$P_{\text{пр}_{692\text{P}}} = (2,08 \times 1,64 + 10) \times 2 = 26,82 \text{ м}^2$$

$$P_{\text{пр}_{6\text{P}83}} = (2,56 \times 2,34 + 10) \times 2 = 31,98 \text{ м}^2$$

$$P_{\text{пр}_{2\text{Д}450}} = (3,305 \times 2,705 + 10) \times 1 = 18,94 \text{ м}^2$$

$$P_{\text{пр}_{53\text{A}10}} = (1,3 \times 0,98 + 10) \times 2 = 22,55 \text{ м}^2$$

$$P_{\text{пр}_{7\text{Б}56}} = (7,2 \times 2,135 + 10) \times 1 = 25,37 \text{ м}^2$$

$$P_{\text{пр}_{3\text{M}150}} = (4,344 \times 3,48 + 10) \times 1 = 25,12 \text{ м}^2$$

$$P_{\text{пр}_{5851}} = (3,180 \times 1,82 + 10) \times 1 = 15,79 \text{ м}^2$$

$$P_{\text{пр}_{8\text{A}240}} = (1,37 \times 1,16 + 10) \times 1 = 11,59 \text{ м}^2$$

$$P_{\text{пр}_{5582}} = (1,82 \times 1,5 + 10) \times 1 = 12,73 \text{ м}^2$$

Загальну виробничу площу визначаємо за формулою:

$$P_{\text{пр.}} = \sum P_{\text{пр}_{16\text{K}20}} + P_{\text{пр}_{16\text{K}20\text{Ф}3\text{C}5}} + P_{\text{пр}_{\text{MP}73}} + P_{\text{пр}_{2\text{M}57}} + P_{\text{пр}_{692\text{P}}} + P_{\text{пр}_{6\text{P}83}} + \\ P_{\text{пр}_{2\text{Д}450}} + P_{\text{пр}_{53\text{A}10}} + P_{\text{пр}_{7\text{Б}56}} + P_{\text{пр}_{3\text{M}150}} + P_{\text{пр}_{8\text{A}240}} + P_{\text{пр}_{5582}}, \text{ м}^2 \quad (4.10)$$

$$P_{\text{пр.}} = 39 + 41,79 + 14,4 + 31,41 + 26,82 + 31,98 + 18,94 + 22,55 + 25,37 \\ + 25,12 + 15,79 + 11,59 + 12,73 = 317,49 \text{ м}^2$$

Допоміжна площа ділянки включає:

1. Склад заготовок і готових деталей – 15 % від виробничої площі знаходимо за формулою:

$$C_{\text{з.}} = P_{\text{Общ.п.}} \times 0,15 \text{ м}^2 \quad (4.11)$$

$$C_{\text{з.}} = 317,49 \times 0,15 = 47,62 \text{ м}^2$$

2. Інструментально – роздавальна комора 0,65 на 1 верстат. Визначаємо за формулою:

$$I_{\text{кл.}} = C_{\text{пр.}} \times 0,65 \text{ м}^3 \quad (4.12)$$

$$I_{\text{кл.}} = 21 \times 0,65 = 13,65 \text{ м}^2$$

1. Службове приміщення (місце майстра) – мастер = 12 м<sup>2</sup>.

2. Контрольне відділення 5% від виробничої площі. Визначаємо за формулою 4.13:

$$K_{\text{отд.}} = P_{\text{Общ.п.}} \times 0,05, \text{ м}^2 \quad (4.13)$$

$$K_{\text{отд.}} = 317,49 \times 0,05 = 15,87 \text{ м}^2$$

Визначаємо всю допоміжну площу за формулою:

$$T_{\text{всп.}} = C_{\text{з.}} + I_{\text{кл.}} + \text{Мастер} + K_{\text{отд.}}, \text{ м}^2 \quad (4.14)$$

$$T_{\text{всп.}} = 47,62 + 13,65 + 12 + 15,87 = 89,14 \text{ м}^2$$

$$P_{\text{общу}} = 89,14 + 317,49 = 406,63 \text{ м}^2$$

$B$  – ширину ділянки – приймаємо 18 м.

Розраховуємо ширину ділянки за формулою:

$$L_p = \frac{P_{\text{общу.}}}{B}, \text{ м} \quad (4.15)$$

$$L_p = \frac{406,63}{18} = 22,59 \text{ м}$$

Прийнята ширина ділянки  $L_p$  повинна бути кратна кроку колон.

Крок колон 6 м, приймаємо довжину ділянки  $3 = 24$  м.

Перераховуємо загальну площу ділянки за формулою:

$$P_{\text{общу}} = C \times B, \text{ м}^2 \quad (4.16)$$

де  $C$  – довжина ділянки – 24 м.

$B$  – ширина ділянки – 18 м.

$$P_{\text{общу}} = 24 \times 18 = 432 \text{ м}^2.$$

$H$  – висота будівлі, приймаємо 9 м.

Розраховуємо обсяг будинку по формулі:

$$V_{\text{зд.}} = C \times H \times B \text{ м}^3 \quad (4.17)$$

$$V_{\text{зд.}} = 24 \times 9 \times 18 = 3888 \text{ м}^3$$

1 м<sup>3</sup> будівельних робіт становить 6500 грн.

Розраховуємо вартість будівлі за формулою :

$$C_{\text{зд.}} \times 6500 \text{ грн.} \quad (4.18)$$

$$C_{\text{зд.}} = 3888 \times 6500 = 25272000 \text{ грн.}$$

## РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЦИВІЛЬНА ОБОРОНА

### 5.1 Організація робочого місця і техніка безпеки

Робочим місцем називається ділянка виробничої площі цеху, на якій розташовано верстат з комплектом пристосувань, допоміжного і ріжучого інструменту, технічної документації та інших предметів і матеріалів, що знаходяться безпосередньо в розпорядженні токаря. Оснащеність робочого місця і організація праці на ньому значною мірою визначають продуктивність праці токаря.

Правильна організація робочого місця - це такий зміст верстата, такий порядок розташування пристосувань, інструменту, заготовок і готових деталей, при якому досягається найвища продуктивність праці при мінімальних витратах фізичної, нервової і розумової енергії робітника. На робочому місці не повинно бути нічого зайвого, що не використовується в роботі. Всі використовувані при роботі предмети повинні мати постійні місця зберігання, а ті предмети, які використовуються частіше, повинні розташовуватися ближче і в більш зручних місцях. Створення умов, що забезпечують можливість раціонального використання верстата, його оснащення, робочого часу, виробничих навичок і творчих здібностей робітника, є основним завданням наукової організації праці на робочому місці токаря.

Наукова організація праці (НОП) - це система заходів, спрямованих на впровадження в практику методів і форм організації праці, заснованих на досягненнях науки і передового виробничого досвіду і проводяться з метою досягнення найбільш високої продуктивності праці при одночасному створенні сприятливих умов для зменшення стомлюваності і збереження здоров'я робітника-верстатника.

Планування робочого місця залежить від багатьох факторів, в тому числі від типу верстата та його розмірів, розмірів і форми оброблюваних заготовок, типу і організації виробництва та ін. Найчастіше застосовуються планування

робочого місця двох типів. За першого типу планування інструментальний шафа (тумбочка) розташовується праворуч від робочого, а стелаж для деталей - зліва. Таке планування є раціональною, якщо переважає обробка заготовок з установкою в центрах лівою рукою. За другим типом планування інструментальний шафа (тумбочка) розташовується з лівого боку від робітника, а стелаж - з правого. Таке планування робочого місця зручна при установці і знятті заготовки правою рукою або двома руками (при виготовленні довгих і важких деталей).

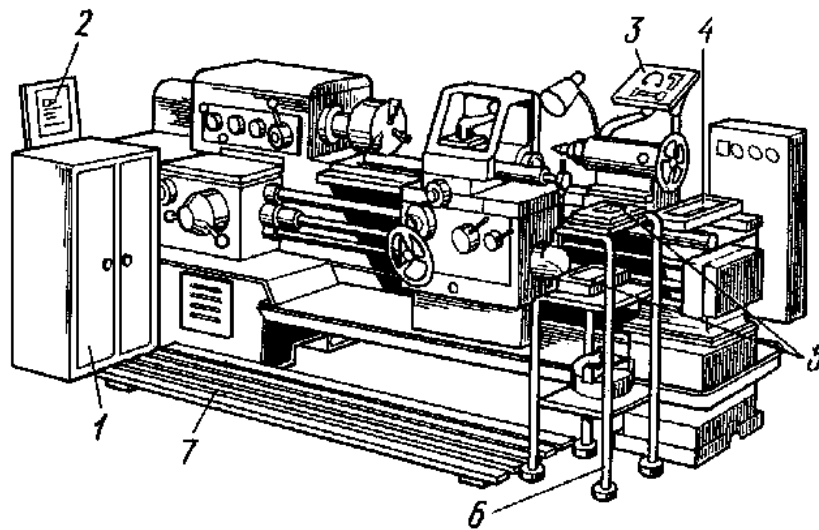


Рисунок 5.1 – Планування робочого місця токаря

- 1 – інструментальна шафа; 2 – планшет для креслень; 3 – планшет для вимірювальних інструментів; 4 – ящик для допоміжного інструменту; 5 – ящики для інструменту і деталей; 6 – стелаж; 7 – решітка

Погана організація робочого місця, захаращеність робочого місця і проходів, несправність верстата і пристосувань, недостатнє знання робочим пристрої верстата і правил його експлуатації, несправність електрообладнання та електропроводки, відсутність огорожень і запобіжних пристроїв, робота несправним інструментом, забрудненість верстата і підніжної решітки можуть призвести до нещасних випадків.

Робота по техніці безпеки на машинобудівних підприємствах організується відповідно до спеціальних положень, які розроблені міністерствами за погодженням з Центральним комітетом профспілки

робітників машинобудування. За цим положенням загальне керівництво роботою по техніці безпеки і виробничій санітарії та відповідальність за дотримання законодавства з охорони праці, виконання правил, норм та інструкцій з техніки безпеки і виробничій санітарії в цілому по підприємству покладається на директора та головного інженера підприємства.

Для здійснення організаційної роботи по техніці безпеки і виробничій санітарії на підприємствах організуються відділи або бюро по техніці безпеки, підпорядковані головному інженеру підприємства. Залежно від розміру підприємства Положенням про організацію роботи з охорони праці передбачається кількість працівників у відділах по техніці безпеки, коло їхніх обов'язків і права; на невеликих заводах і в великих цехах передбачається посаду інженера з техніки безпеки.

У функції інженера з техніки безпеки підприємства входить:

- а) систематичне спостереження за виконанням правил з техніки безпеки та виробничій санітарії;
- б) участь в розробці заходів з оздоровлення умов праці та забезпечення безпеки на підприємстві, в рішенні питань по фінансуванню цих заходів;
- в) консультування з питань охорони праці;
- г) організація і проведення інструктажу тих, хто влаштовується робочих по техніці безпеки і виробничій санітарії;
- д) організація роботи кабінету з техніки безпеки і виробничій санітарії;
- е) методичне керівництво організацією в цехах і на інших виробничих ділянках агітаційних і масово-виховних заходів з охорони праці (виставок, вітрин, плакатів, листівок і т. д.);
- ж) здійснення обміну досвідом в області боротьби з травматизмом і оздоровлення умов праці між окремими виробничими ділянками;
- з) розслідування і вивчення причин нещасних випадків на підприємстві, організація обліку та реєстрації виробничого травматизму;
- і) складання звітів вищим установам і організаціям про стан травматизму та про використання коштів, асигнованих на забезпечення охорони праці.



Інженери з техніки безпеки (бюро, відділи) мають право:

а) давати вказівки керівникам окремих ділянок з усунення виявлених недоліків в галузі охорони праці з призначенням термінів усунення;

б) через начальників цехів, лабораторій, відділів припиняти і забороняти роботи на ділянках, небезпечних для здоров'я і життя працюючих; в цих випадках інженер по техніці безпеки про своє рішення повідомляє головному інженеру;

в) усувати через начальників цехів, відділів, лабораторій осіб, які грубо порушують вимоги техніки безпеки і виробничої санітарії;

г) порушувати перед директором підприємства питання про притягнення до відповідальності осіб, які порушили правила техніки безпеки, в результаті чого стався або міг статися нещасний випадок.

До завдань начальників цехів, відділів, лабораторій, майстерень входить:

а) забезпечення у виробничій обстановці нормальних промислово-санітарних умов;

б) проведення заходів з попередження травматизму при виконанні в цеху різних технологічних процесів з використанням різноманітного виробничого обладнання;

в) розробка інструкцій з безпечних методів роботи на різних видах обладнання та забезпечення ними працююють;

г) забезпечення працюючих в цеху належної спецодягом та індивідуальними засобами захисту;

д) складання актів про нещасні випадки, що сталися на ввірених їм ділянках; облік травматизму на цих ділянках.

В обов'язки майстрів, техніків, бригадирів входить наступне:

а) проведення на ділянках заходів щодо виробничої санітарії і техніки безпеки;

б) нагляд за безпекою виробничого обладнання;

в) спостереження за виконанням робітниками інструкцій з техніки безпеки та виробничої санітарії, за використанням ними спецодягу, спецвзуття та засобів індивідуального захисту.

Головний механік, механік цеху, дільниці, майстерні, лабораторії зобов'язані забезпечити раціональну та безпечну організацію робочих місць для персоналу, що виконує ремонтні та монтажні роботи, здійснювати попереджувальний нагляд за діючим обладнанням, будівлями і спорудами та своєчасно вживати заходів для попередження нещасних випадків, пов'язаних з обладнанням, будівлями і спорудами.

Головний енергетик підприємства, енергетик цеху, майстерні, лабораторії зобов'язані забезпечити ефективну, безперебійну і безпечну експлуатацію вентиляційних установок, безпечне обслуговування електротехнічних пристроїв, парових котлів, компресорів, газогенераторів та ін. Начальник транспортного цеху зобов'язаний забезпечити безпечну експлуатацію внутривиробничого транспорту та безпечну організацію вантажно-розвантажувальних робіт.

## **5.2 Прогнозування можливих надзвичайних ситуацій на території підприємства, їх характеристика**

Проектований цех по виробництву валу розташований в місцевості, в якій можуть виникнути наступні стихійні лиха:

а) в холодний період року можливі щедри снігопади, в результаті яких може статися припинення вантажопасажирського повідомлення підприємства з довколишніми населеними пунктами, обвалення кровель промислових будівель під вагою снігу, порушення технологічного процесу внаслідок припинення переміщення предмет праця між підрозділ підприємство;

б) нормальне транспортне сполучення з підприємством може бути порушене внаслідок ожеледі;

в) із-за налипання мокрого снігу може статися обрив дротів ЛЕП;

г) в теплу пору року можливе займання сухої трави, як на території підприємства, так і на прилеглій території, що приведе до виникнення природної пожежі, при якій погіршаться умови праці на підприємстві з-за задимленості повітря, підвищення його температури. Так само вітер може переносити іскри на значну відстань, що може привести до пожежі на складах горюче-мастильних матеріалів.

д) в літній період ураганні вітри і град можуть стати причиною ушкодження крівель будівель, руйнування світлоаераціонних ліхтарів, можуть завдати шкоди здоров'ю людей, що знаходяться поза будівлями;

е) значне підвищення температури в літній період може призвести до погіршення умов праці робітників і до зупинки обладнання.

На території підприємства розташований склад, в якому зберігаються паливно-мастильні матеріали, на якому може статися пожежа. Газова котельня, на яких може статися пожежа і вибух, який може привести до руйнування інших будівель. У виробничому процесі застосовуються гідро- і пнев-випробування, впродовж яких великі посудини знаходяться певний час під великим тиском і у разі руйнування яких можливі жертви і руйнування будівель. У технологічному процесі використовуються такі види ХТО, як оксидування, азотування. Ці процеси проходять в розчинах і розплавах небезпечних речовин, викиди яких можуть привести до пожеж і отруєнь людей.

### **5.3 Методи забезпечення захисту співробітників підприємства в надзвичайних ситуаціях**

Найбільш ефективними методами захисту співробітників підприємства є попередження аварій і катастроф. Що досягається як організаційними, так і інженерно-технічними заходами, які полягають у виявленні і усуненні причин можливих аварій, і попередженні наслідків катастроф.

Інженерно-технічні заходи включають аналіз інженерних об'єктів і технологічних процесів і внесення в проекти планувальних і технологічних

рішень, які повинні виключити або понизити вірогідність виникнення аварійної ситуації, або мінімізувати її наслідки. Наприклад, заміну небезпечних процесів у виробництві безпечними (заміна пневматичних випробувань гідравлічними, заміна нагріву заготівель в газових печах нагрівом в індукційних печах). При проектуванні систем водопостачання підприємства необхідно передбачити можливість їх використання для пожежогасіння, знезараження техніки і людей при хімічній аварії. До організаційних заходів відносять: проведення регулярних навчань по цивільній обороні, навчання співробітників використанню засобів індивідуального захисту, організацію взаємодії сил ЦО підприємства з силами ЦО району, області, населених пунктів.

При великих аваріях (вибухах, пожежах) і стихійних лихах (снігопади, град, ожеледь) роботи по ліквідації їх наслідків повинні проводитися в найкоротші терміни. При обваленні будівель і споруд необхідно якнайскоріше врятувати людей, що знаходяться в завалах і заблокованих в підвальних приміщеннях, надати потерпілим екстрену допомогу. У разі витоків небезпечних речовин з гальванічних цехів і цехів хіміко-термічної обробки необхідно провести укриття персоналу підприємства в захисних спорудах. Притулок повинен забезпечувати захист від усіх можливих вражаючих чинників: температури, вибухової хвилі, отруйних речовин. Люди повинні мати можливість знаходитися в притулку тривалий час.

#### **5.4 Управління підприємством в надзвичайній ситуації**

У разі виникнення надзвичайної ситуації важливим заходом являється сповіщення органів цивільної оборони, співробітників підприємства і місцевого населення. Своєчасне сповіщення дозволяє завчасно почати здійснення заходів з попередження надзвичайної ситуації або ліквідації наслідків аварії, тим самим зменшити число жертв і зберегти матеріальні цінності.

При появі інформації про загрозу або виникнення ЧС черговий оповіщає начальника штабу ГО на підприємстві (директора підприємства) і членів комісії

з ЧС. Члени комісії прибувають до голови комісії, отримавши сигнал "збір-аварія".

Робоча група під керівництвом начальника штабу ЦО підприємства здійснює наступні заходи: уточнює обстановку на підприємстві і в місці події; організовує евакуацію або укриття службовців підприємства населення найближчих будинків; приймає рішення по локалізації і усуненню наслідків ЧС; готує доповідь директорові підприємства; враховує усі дії і розпорядження начальників підрозділів; контролює виконання розпоряджень директора підприємства, дій сил ЦО на місці події.

## РОЗДІЛ 6 ПРОБЛЕМИ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ОБРОБКИ НА МЕТАЛОРІЗАЛЬНИХ ВЕРСТАТАХ

### 6.1 Загальні відомості

Підвищення точності та продуктивності обробки на металорізальних верстатах є комплексною проблемою, вирішення якої пов'язано з поліпшенням якості виготовлення металорізального обладнання, пристосування та інструментів, підтриманням їх точностних характеристик при експлуатації, а також автоматизацією, комплексною механізацією і роботизацією виробництва.

Підвищення якості обладнання на стадіях проектування та виготовлення досягається за рахунок вдосконалення методів розрахунку конструкцій, застосування сучасних матеріалів, прогресивної технології обробки і складання деталей і вузлів. В результаті цих заходів забезпечуються належні показники жорсткості верстатів та їх робочих органів, віброустойчивості і точності взаємного розташування виконавчих поверхонь. В процесі експлуатації обладнання ці показники підтримуються в заданих межах науково обґрунтованою системою профілактики, технічного обслуговування і ремонту.

Автоматизація вантажно-розвантажувальних робіт, контроль-вимірювальних і транспортних операцій на верстатах, впровадження автоматизованих і роботизованих ліній докорінно підвищує продуктивність і точність обробки. Однак, вищевказані методи підвищення точності не можуть виключити впливу на розмір оброблюваних деталей таких факторів, як знос ріжучого інструменту, температурні, пружні і контактні деформації технологічної системи верстата.

У зв'язку з цим широке застосування на верстатах знаходять керування точністю обробки шляхом застосування приладів активного контролю, керування пружними переміщеннями технологічної системи верстат-деталь і системи автоматичного підналагодження.

Коротко розглянемо можливості і область застосування кожного з цих способів управління. При управлінні точністю за допомогою приладів активного контролю, розмір оброблюваної деталі безперервно контролюється вимірювальним приладом. При досягненні розмірів обробки певної, заздалегідь встановленої величини прилад активного контролю автоматично змінює режими різання, а коли розмір досягає заданої номінальної величини – подається команда на зупинку верстата. Прилади активного контролю отримали широке застосування на шліфувальних і хонінгувальних верстатах, де відбувається інтенсивний знос ріжучого інструменту і потрібна підвищена точність обробки. Однак, при застосуванні приладів активного контролю вимірювання розмірів відбувається безпосередньо в зоні різання, де на точність показання приладу впливають тепловиділення при різанні, вібрації, стружка та мастильно-охолоджуюча рідина.

Управління пружними переміщеннями (адаптивна система управління верстатами) дозволяє в процесі обробки змінювати режими різання в залежності від заздалегідь обраного критерію точності. При адаптивної системи управління пружні переміщення технологічної системи верстата зберігаються постійними, внаслідок розмірної піднастройки або ж автоматичної зміни швидкості різання, величини подачі а також геометрії ріжучого інструменту. Адаптивна система управління дозволяє досягати не тільки підвищення розмірної точності, але і високої продуктивності, так як обробка ведеться на оптимальних режимах різання. Цей спосіб управління точністю застосовуються на токарних і фрезерних верстатах, і вимагає остаточної шліфовки, так як через мінливість режимів різання, шорсткості поверхні деталей виходять неоднакові.

Застосування систем автоматичної підналагодження значно підвищує точність обробки, так як контролювання розмірів деталей проводиться поза зоною різання на спеціальних вимірювальних приладах, де точність вимірювання не залежить від тих чинників, які впливають при активному контролі. Системи автоматичного підналагодження, за результатами вимірювання деталей, періодично коригують положення ріжучого інструменту

щодо оброблюваної деталі. При цьому систематичні складові похибок обробки, пов'язані з розмірним зносом інструменту, впливом температурних деформацій, компенсуються. Недоліком системи автоматичного підналагодження є те, що процес вимірювання відстає від процесу обробки, так як переміщення обробленої деталі в позицію вимірювання вимагає певного часу. Системи автоматичного підналагодження застосовуються на токарних, фрезерних, розточувальних та інших верстатах.

Визначення оптимальних параметрів системи автоматичної підналагодження є одним з основних етапів конструювання і ця задача, виходячи з конкретних технологічних процесів вирішується або аналітично, або моделюванням на ЕОМ. Аналітичний метод заснований на аналізі і встановленні математичної моделі процесу за результатами обробки на верстатах без застосування автопідналагодчіков.

При другому методі вихідний процес задається в вигляді послідовності розмірів оброблених деталей за допомогою випадкових чисел. Варіюванням методів і параметрів під налагодження і порівнянням знаходять оптимальні параметри для даного технологічного процесу. На відміну від одношпindelних верстатів, обробки на багатошпindelних токарних автоматах (МТА) є багатопозиційною і багатоінструментальною, т. є. обробка деталей ведеться одночасно у всіх позиціях, за винятком завантажувального. Деталі, закріплені на шпindelях МТА, за повний оборот шпindelного барабана послідовно проходять обробку у всіх робочих позиціях.

Обробка на кожному з шпindelів МТА протікає при неповторяючихся умовах, викликаних таким індивідуальними особливостями:

- шпindelі МТА, як складальні одиниці, відрізняються точністю виготовлення деталей і збірки;
- ступінь мастила і регулювання підшипників шпindelів коливаються в межах певного допуску, отже, коливаються їх знос і температурні деформації;
- шпindelі відрізняються пружною і контактної жорсткістю;



- розташування шпинделів по колу барабана мають похибки, що відрізняються по модулю і напрямку;

- прутки в різних шпинделях можуть відрізнятися по довжині, відхилення діаметру і затиснуті з різною силою.

Перераховані вище особливості шпинделів є причиною значного розширення полів розсіювання розмірів деталей, оброблених на МТА.

Крім того, на точність деталей, оброблених на різних шпинделів МТА, позначаються похибки виготовлення супорта і його приводу, мінливість сил тертя і жорсткості всієї технологічної системи, динамічного навантаження, що виникає при повороті барабана і напрямки осей жорсткості технологічної системи.

Для токарних верстатів, особливо, багатошпиндельних токарних автоматів, які працюють на значному діапазоні режимів різання і параметрів заготовок наведені вище методи розрахунку оптимальних параметрів не прийнятні. Для таких верстатів параметри підналагодження повинні бути більш універсальними, легко переналагоджувані.

## **6.2 Підвищення точності обробки на металорізальних верстатах**

У научно-дослідницькій роботі пропонується підвищити точність обробки на металорізальних верстатах за рахунок застосування приводів з можливістю перерозподілу або управління навантаженням робочих органів. металорізальний верстат, привід, точність, перерозподіл навантаження, управління навантаженням.

Способи підвищення точності на металорізальних верстатах спрощено можна розділити на конструкторські, технологічні, експлуатаційні та комплексні системи управління точністю. Всі способи мають цільову направленість на усунення одної чи декількох причин створення похибок обробки. Ці причини, переломлюючись через процес обробки, викликають похибку як інтегральний показник відхилення, по якому важко встановити

ступінь впливу кожної із цих причин на якість обробки. Тому рішення проблеми точності зводиться до рішення одиничних конкретних задач.

Розглянемо задачу підвищення точності обробки шляхом зміни потоків потужності та навантаження в приводі. Відомо, що розподіл потужності та навантаження в приводі верстатів визначається режимами, геометрією інструмента і іншими параметрами процесу обробки. Розподіл навантаження не завжди відповідає оптимальному по точності навантаженню виконавчих органів і кінематичних ланцюгів визначаючих вихідні характеристики верстата.

Це викликає необхідність при заданих режимах і умовах обробки змінювати потоки потужності та навантаження таким чином, щоб створити оптимальні по точності умови навантаження виконавчих органів верстата.

Структурну схему привода, що охоплює верстатний привід, можна представити в вигляді графа. Вершини графа 1, 2, ..., n позначають виконавчі органи привода верстата. Ребра графа показують напрямки взаємодії і зв'язку виконавчих органів привода з процесом обробки і між собою. Виконавчі органи привода верстата виконують технологічний процес обробки від джерел потужності, а умови їх навантаження при заданих параметрах процесу можуть бути змінені шляхом управління потоками потужності і навантаження в приводі.

Структурна схема привода верстата з ЧПК приведена на рис. 6.1.

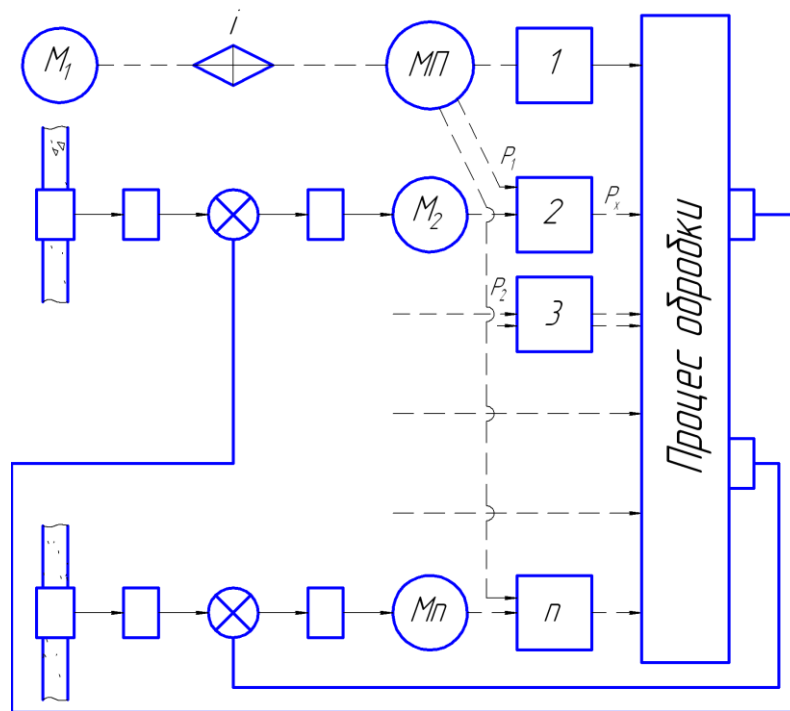


Рисунок 6.1 – Структурна схема привода верстату з ЧПУ

Привод містить електродвигуни  $M_1, M_2, \dots, M_n$  по числу створених рухів формоутворення, виконавчі органи  $1, 2, 3, \dots, n$ , МП – механізм зміни потоків потужності. Електродвигун  $M_1$  через ланку настроювання  $i$  кінематично зв'язаний з механізмом зміни потоків потужності, який в свою чергу зв'язаний з виконавчим органами  $1, 2, 3, \dots, n$ , що здійснюють процес обробки. Із схеми видно, що виконавчі органи привода подачі діючих сил ( $P_1$  і  $P_2$ ): одна від кінематичного ланцюга подачі з електродвигуном  $M_2$ , а другою – від механізму зміни потоків потужності. Таке з'єднання механізму розподілення потужності дозволяє управляти навантаженням кінематичного ланцюга подачі в функції сили різання, автоматично розподілити потужність необхідну для процесу обробки, і передавати основну її частину по кінематичному ланцюгу головного руху, звичайно менш чутливого до перевантаження.

Така структура дозволяє змінити схему навантаження виконавчого органа привода з тим, щоб максимально розвантажити напрямні без порушення визначення базування виконавчого органа привода на напрямних. Розглянувши схему навантаження виконавчого органа, показану на рис. 6.2, можна відмітити,

що задане технологічне навантаження  $P_x$  можна забезпечити при різних значеннях сил  $P_{x1}$  і  $P_{x2}$ .

Оскільки сила  $P_x$  навантажує циліндричні напрямні пінолі, то необхідно намагатись до її відносного зменшення. Однак при цьому система, що розглядається може втратити визначеність базування, що веде до втрати точності обробки. Розв'язання даного протиріччя необхідно шукати в динамічній рівновазі, при якій піноль не втрачає визначеності базування, а її напрямні максимально розвантажуються при будь-якому переборі параметрів технологічного навантаження. Це можливо тоді коли виконується наступна умова:

$$P_{x2} \cdot l > P_x \cdot \cos \omega \cdot t \quad (6.1)$$

де:  $l$  – величина ексцентричності прикладання рухомої сили і технологічного навантаження відносно осі шпинделя;

$\omega$  – кутова швидкість обертання шпинделя;

$t$  – час.

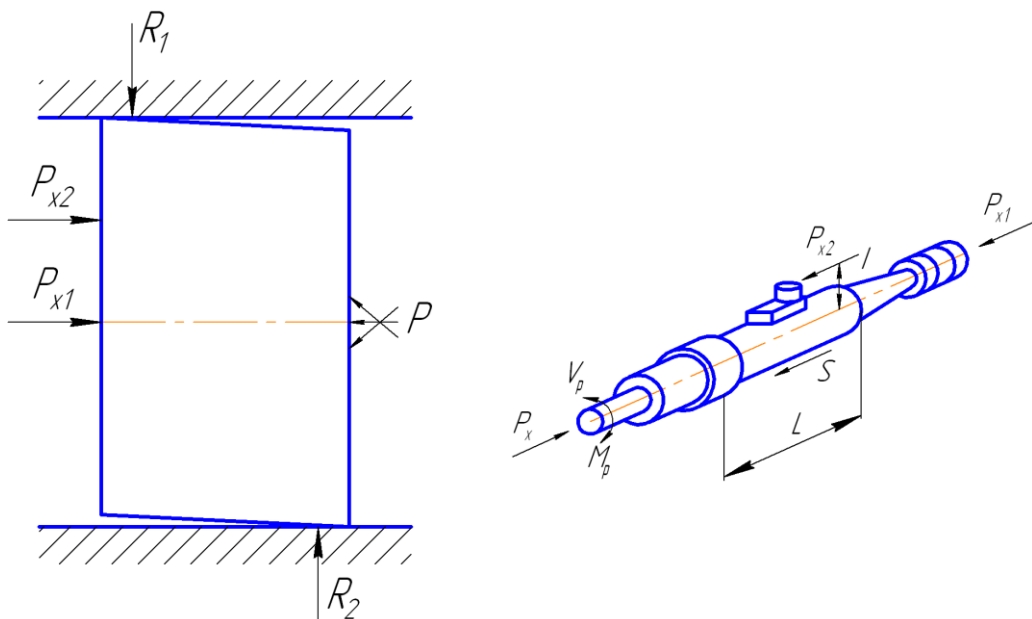


Рисунок 6.2 – Схема навантаження виконавчого органа

В загальному випадку вибір необхідного співвідношення рухомих сил  $P_x$  і  $P_{x2}$  здійснюється по типовим монограмам відповідно з обмежувальними параметрами. В якості таких параметрів можуть виступати максимально

допустимий питомий тиск в напрямних, величина деформації напрямних, величина допустимого зношування напрямних і точність обробки. Якщо відомий один із перелічених параметрів, можна по монограмі (рис.6.3) визначити необхідне співвідношення сил  $P_x$  і  $P_{x2}$ . На приведеній монограмі послідовність вибору показаний стрілками. По заданим продуктивності  $Q$  і степені первинної концентрації технологічних операцій (числу інструментів)  $K$  визначається величина технологічного навантаження  $P_x$ . Одночасно по допустимій величині деформації напрямних  $A$  з урахуванням діаметра пінолі  $d$  визначається допустиме навантаження механізму подачі  $P_{x2}$ . По шкалі зусиль сила  $P_{x1}$  визначається як різниця  $P_x$  і  $P_{x2}$ . Визначення таким чином відношення сил  $P_{x1}$  і  $P_{x2}$  є основою для вибору параметрів механізму розподілення навантаження. Стосовно до приведеної на рис.1 розрахункової схеми, де в якості механізму розподілення навантаження прийнята несамогальмівна гвинтова передача, параметром, який визначає відношення.

сил  $P_{x1}$  і  $P_{x2}$  є кут нахилу гвинтової лінії різьби. Без врахування сил тертя можна записати:

$$P_x - P_{x1} - P_{x2} = 0 \quad (6.2)$$

$$\text{Або} \quad P_x - (2 \cdot M \cdot \operatorname{tg} \Delta / d_\phi) - P_{x2} = 0 \quad (6.3)$$

де:  $M$  – обертальний момент на шпинделі;

$d_{cp}$  – середній діаметр несамогальмівної гвинтової передачі;

$\Delta$  – приведений кут нахилу гвинтової лінії передачі.

Із рівняння (6.3) кут нахилу гвинтової передачі дорівнює:

$$\Delta = \operatorname{arctg} (d \cdot (P_x - P_{x2})) / 2M \quad (6.4)$$

Формула (6.4) є основою для побудови монограм вибору приведенного кута нахилу гвинтової передачі. В якості механізму розподілення навантаження

можуть бути використанні механізми, які складають рухи або диференціальні передачі.

Запропонований підхід перерозподілу навантаження дозволяє розробити методику проектування привода технологічних машин по вихідним характеристикам експлуатації і представити її у вигляді алгоритму (рис. 6.4) накладеного на традиційну схему проектування привода.

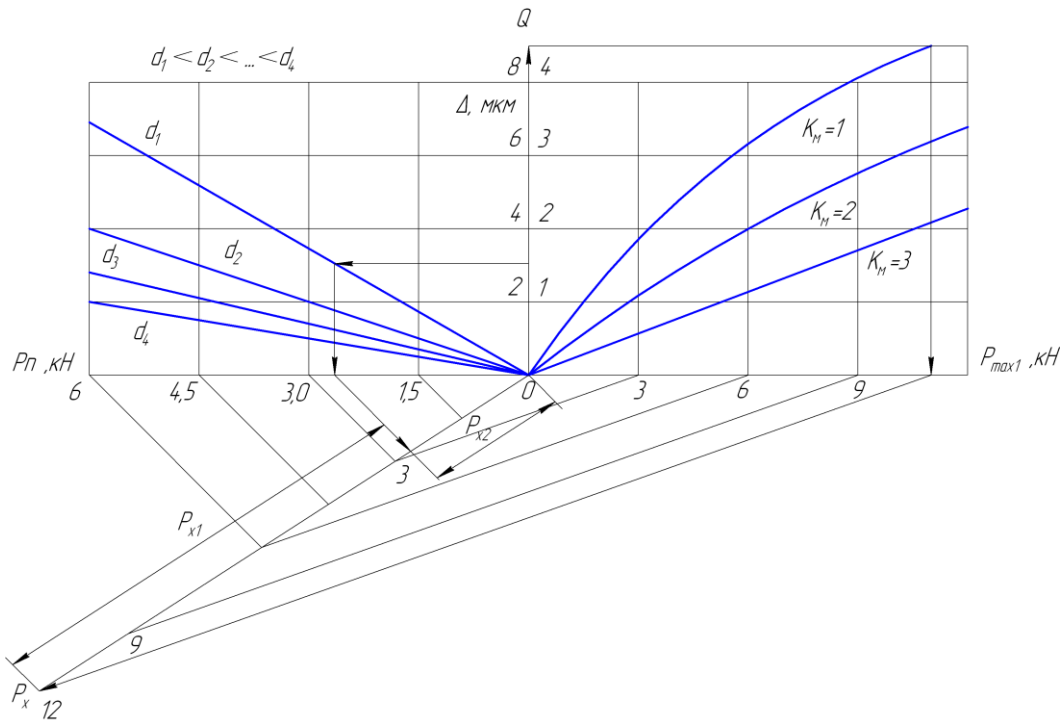


Рисунок 6.4 – Номограма рухомих сил привода

Ця методика додатково передбачає:

а) пошук приводів, які мають граничні вихідні характеристики відповідні з службовим призначенням верстата, визначення параметрів обмеженого і умовного функціонування приводів, лімітуючи вихідні характеристики верстата;

б) визначення необхідної ступені розвантаження приводів за рахунок зміни потоків потужності і визначати приведенні порівняльні оцінки можливих варіантів по вихідним характеристикам;

в) розробку нової структури привода;

г) прогнозування параметричної надійності верстата і його ефективності;

- д) порівняння досяжних характеристик з потребою промисловості і проробку різних варіантів до отримання потрібного;
- е) вибір типів і визначення параметрів механізмів кінематичного з'єднання приводів, які забезпечують задані зміни потоків потужності;
- ж) розробку кінематичної схеми верстата;
- з) складання рівнянь, які описують перехідні процеси в приводі верстата: математичне моделювання і вибір конструкторських параметрів;
- л) вибір компоновки і розробку конструкції верстата;
- м) виготовлення і дослідження опитного зразка; перевірку вихідної характеристики і умов функціонування приводів.

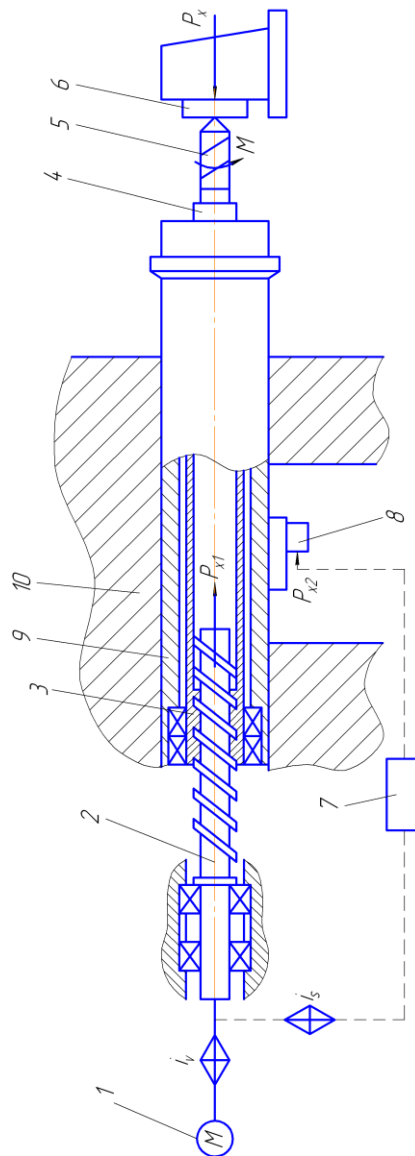


Рисунок 6.5 – Типова конструкція механізму подач пінольного типу

Для порівняння експериментальних досліджень традиційних механізмів з механізмами, які змінюють потоки потужності (рис. 6.5) прийнята типова конструкція силової головки з механізмом подачі пінольного типу яка широко використовується в силових головках агрегатних верстатів. В корпусі 10 на підшипниках 3 встановлена піноль 9, яка через шліцьову передачу з'єднана з шпинделем 4, а кінематичним ланцюгом подач з ланкою настроювання і<sub>3</sub> з приводом обертання. В шпинделі 4 кріпиться інструмент 5, який обробляє заготовку 6. Шпиндель містить в своїй порожнині шліцьовий гвинтовий механізм 2 встановлений на підшипниках і разом з ним здійснює повний цикл зворотно-поступального руху, який надається йому механізмом подачі. Механізм подачі отримує рух від шпинделя через ланку настроювання і<sub>3</sub>, черв'ячну передачу 7 обертання передається кулачку, який переміщує роликівий штовхач 8 встановлений на пінолі 9. В якості механізму зміни потоку потужності і навантаження між приводом головного руху і подачі прийнята шліцьова гвинтова передача 2, кутом нахилу якої змінюється коефіцієнт К зміни потоків потужності і навантаження в приводі.

З метою визначення впливу змін потоку потужності і навантаження на вихідні характеристики головки були приведені порівнювальні дослідження силових головок нової та традиційної структур. Статистична оцінка умов експлуатації силових головок визначена вибором настроювання. Дослідження проводились при суцільному свердлуванні в сталі 45 свердлами із швидкоріжучої сталі діаметром від 11 до 16 мм при частоті обертання шпинделя  $n = 466-714 \text{ хв}^{-1}$ , подачі  $S = 0,218-0,245 \text{ мм/об}$ .

В якості порівнювальних вихідних характеристик силових головок була прийнята точність переміщення пінолі в процесі свердлування, яка визначалась ступеню розвантаження привода подачі. Зміною режимів і діаметрів свердлування в указаних діапазонах при незмінних параметрах шліцьової гвинтової передачі викликають зміну ступені розвантаження механізму подачі в діапазоні від 0,4 до 0,5.



Результати порівняльних досліджень дозволяють зробити висновок, що сумарні переміщення пінолі в поперечному напрямку з новою структурною основою в 1,7 рази менша, чим у традиційної серійної силової головки. Це співвідношення збільшується при збільшенні степені розвантаження механізму подачі. Змінення степені розвантаження в зазначеному діапазоні дозволяє збільшити на 40-50 % навантажувальну здатність силової головки на осьовому зусиллю, що розширює технологічні можливості силових головок і створених на їх основі агрегатних верстатів. Процес обробки різанням забезпечується не тільки приводами рухів формоутворення. В процесі обробки, як правило, одночасно приймають участь приводи підвода ЗОР, змащування гідростатичних напрямних верстатів викликають необхідність їх функціонального об'єднання. Об'єднання приводів не тільки рухів формоутворення може також здійснюватись через диференціальний механізм відповідно з типовою схемою функціональних зв'язків приводів. Дослідження шпиндельного вузла показано, що його використання дозволяє підвищити продуктивність процесу свердлування в порівнянні з звичайним традиційним методом в 2-3 рази.

По результатам експериментальних досліджень зміни точності обробки в часі для різних схем навантаження виконавчого органа після їх математичної обробки побудовані графічні залежності  $\Delta = f(T_{y.t})$  приведені на рис. 6.7, 6.8, 6.9.

В результаті аналізу графіків (рис. 6.7, 6.8, 6.9) встановлено, що змінюється точність обробки в часі по лінійній залежності і відповідає моделі формування поступового відказу з урахуванням розсіювання початкових параметрів. Схема навантаження виконавчого органа привода подачі, визначає швидкість втрати силовою головкою точності обробки. Так по даним побудованих графіків (рис. 6.7, 6.8, 6.9) розрахункові швидкісні втрати точності обробки для трьох схем навантаження виконавчого органа привода подачі тим вище, чим більше посилення подачі  $P_{x2}$ , тобто чим менше значення коефіцієнта розподілення навантаження  $K_p$  (див. таблицю 6.1). На основі аналізу графічних

залежностей  $\Delta = f(T_{у.і})$  і швидкості втрати точності обробки, встановлено, що пониження точності обробки в часі визначається схемою навантаження виконавчого органу привода подачі, так як збільшення зусилля подачі привода приведе до збільшення контактних деформацій напрямних виконавчого органа, інтенсифікуючи їх зношення, що в кінцевому результаті негативно впливає на точність обробки.

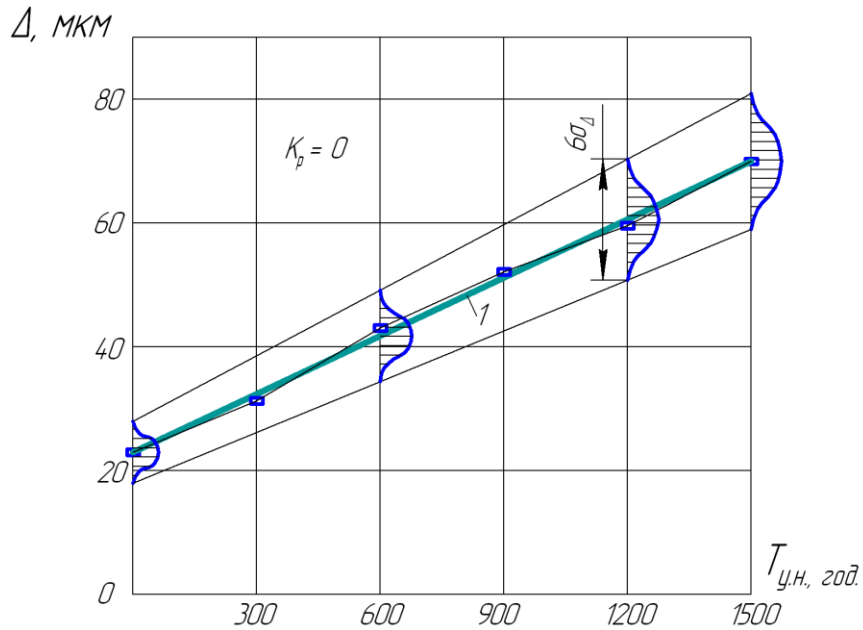


Рисунок 6.7 – Зміна точності обробки в часі з традиційною схемою навантаження пінолі

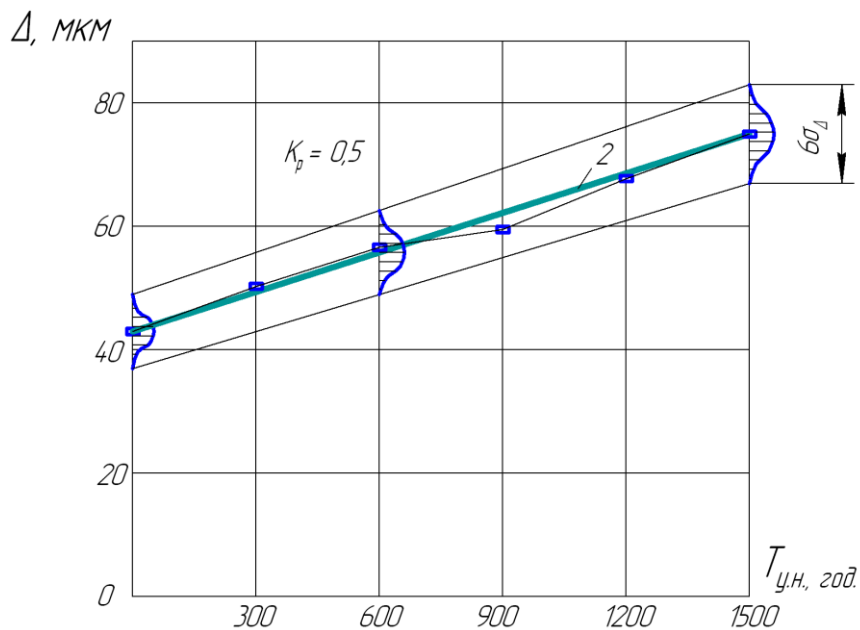


Рисунок 6.8 – Зміна точності обробки в часі з навантаженням виконавчого органу двома силовими потоками  $P_x$  та  $P_{x2}$

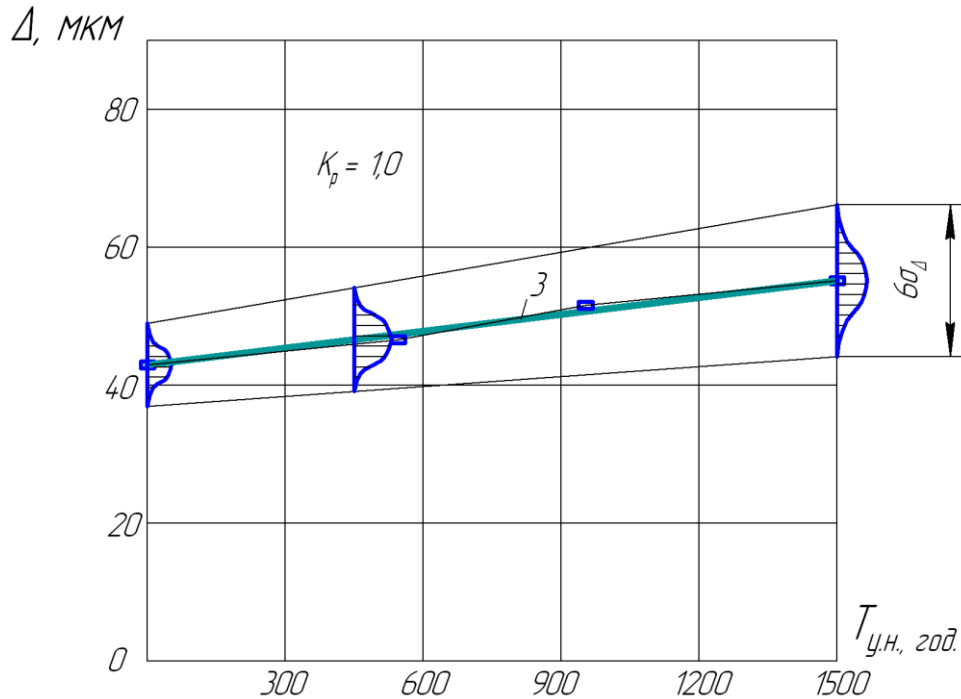


Рисунок 6.9 – Зміна точності обробки в часі з співвіднесним розташуванням осьового зусилля  $P_x$  та осьової складової  $P_{x1}$  при  $P_{x2} = 0$

Таблиця 6.1 – Розрахункові швидкості втрати точності обробки

$K_p$	$\gamma$ , мкм/год	$\sigma_\gamma$
0	0,033	0,0022
0,5	0,0253	0,0018
1,0	0,0079	0,0006

В процесі проведення експериментів оцінювався напрямок уводу осі отвору, що розточувався. Це дозволяє визначити напрямок переміщення виконавчого орган подачі в просторі. Напрямок уводу осі розточувального отвору визначався напрямком вектора зміщення центрів колограм, по яким оцінювалась не перпендикулярність ос отвору з  $\varnothing 26A_1$  базовому торцю втулки. В результаті обробки експериментальні даних по напрямку уводу осі розточувального отвору встановлено, що для традиційної схеми навантаження виконавчого органа привода подачі і схем навантаження з характеристикою  $K_p$  ( $K_p = 0,5$ ) напрямок дії зусиль  $P_{x2}$ , при чому область розсіювання напрямків

вектора зміщення осі отвору на виході і вході отвору  $\varnothing 26$  мм менше для схеми навантаження виконавчого органа з  $K_p=0,5$ , чим для традиційної схеми.

Найменшою стабільністю положення осі розточувального отвору має схема навантаження виконавчого органа з  $K_p = 1$ . Це підтверджує припущення про планетарний рух виконавчого органа відносно своїх напрямних. На рис.6.9 в полярних координатах показані області уводів осей розточувальних отворів для розглянутих схем навантаження виконавчих органів приводів подачі, де кути  $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ , – відповідно для схем навантаження виконавчих органів з  $K_p = 0, K_p=0,5, K_p=1,0, 1$  - площина дії зусилля подачі  $P_{x2}$ , 2 – базовий торець деталі. По експериментальним даним встановлено, що  $\beta_1 = 34^\circ, \beta_2 = 96^\circ, \beta_3 = 128^\circ$

Це дає можливість вважати, що найменший вплив на змінення положення осі отвору здійснює привід силової головки з загальною схемою навантаження виконавчого органа привода подачі, для якої  $K_p = 0,5$ .

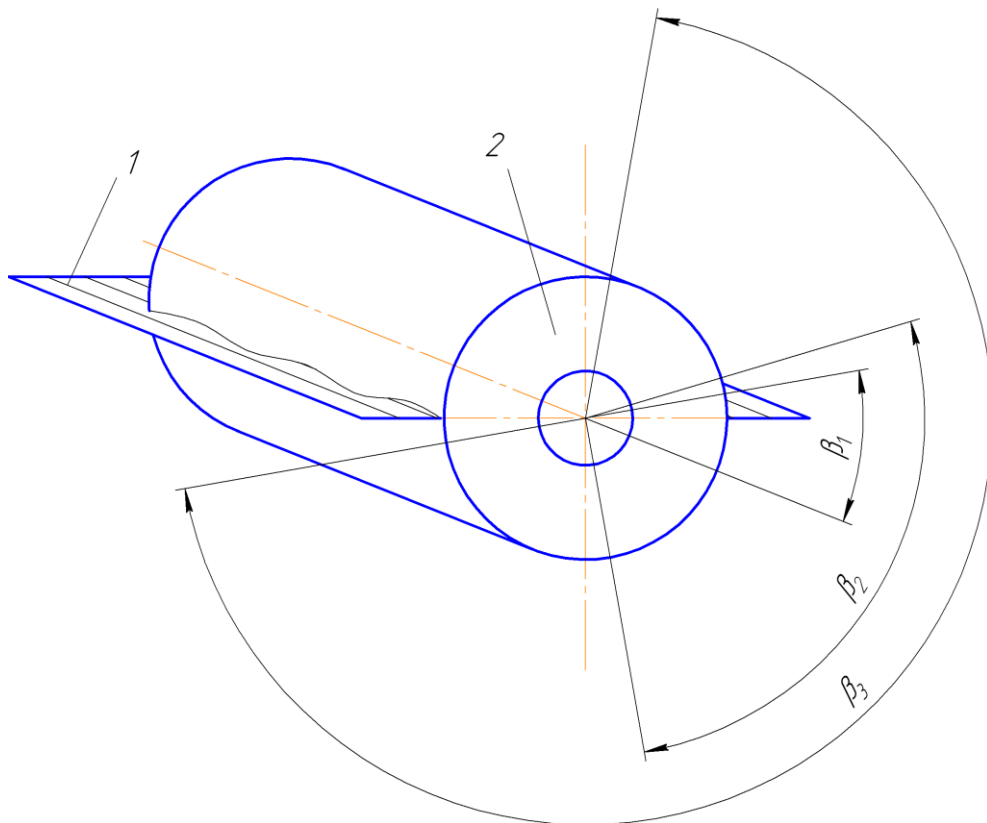


Рисунок 6.10 – Области напрямку векторів відводу осі розточених отворів

На основі приведених досліджень можна зробити висновки.

1. Швидкість втрати точності обробки визначається схемою навантаження виконавчого органа привода подачі.

2. Найменша швидкість втрати точності обробки (по неперпендикулярному осі отвору базовому торцю) буде при схемі з осьовим прикладанням зусилля подачі, в такий же час при цій схемі навантаження спостерігається найбільша нестабільність направлення уводу осі отвору.

3. Увод осі обробленого отвору відбувається в площині дії рухомого зусилля кулачкового механізму подачі для традиційної схеми навантаження його виконавчого органу.

4. Характер формування втрати точності обробки не визначається схемою виконавчого органа привода подачі силових головок.

## ВИСНОВКИ

Для виготовлення деталі в якості заготовки обраний найбільш оптимальний варіант - штампування. Коефіцієнт використання матеріалу 0,77.

Для середнесерійного типу виробництва розроблений технологічний процес обробки «Валу шестерні». Основний припуск знімається на чорновій обробці на універсальному обладнанні. На шліфувальній операції шліфуються зовнішні циліндричні поверхні для подальшого базування на них підшипників. Ескізи на всі операції наведені в альбомі технологічної документації.

Технологічний процес оснащений стандартними пристроями, для зубофрезерних операцій спроектовано верстатне пристосування з гідроприводом.

Для контролю радіального биття спроектовано спеціальне пристосування.

Також, була розроблена ділянка механічного цеху. Металорізальні верстати розташовані за груповою ознакою. Ділянка оснащений необхідним обладнанням для дотримання вимог охорони праці працюючих і протипожежної безпеки.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Справочник технолога-машиностроения: Т. 1 / А. М. Дальский, А. Г. Косилова, Р. К. Мещеряков; под общей редакцией А.М. Дальского. – М.: Издательство машиностроения 1, 2003. – 910 с.
2. Справочник технолога-машиностроения: Т. 2 / А. М. Дальский, А. Г. Косилова, Р. К. Мещеряков; под общей редакцией А.М. Дальского. – М.: Издательство машиностроения 1, 2003. – 943 с.
3. Жуков Э. Л. Технология машиностроения: Полный курс: в 2 т. Учебное пособие для вузов / Э. Л. Жуков, И. И. Козырь, С. Л. Мурашкин и др. Под ред. С. Л. Мурашкина. – М.: Высшая школа, 2003.
4. Дерябин А.Л., Эстерзон М.А. Технология изготовления деталей на станках с ЧПУ и в ГПС: учебное пособие для машиностроительных техникумов. – М.: Машиностроение, 1989. – 288 с.
5. Косилова А. Г., Мещеряков Р. К. Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1976. – 288 с.
6. Е. М. Корыстылева. Экономика, организация и планирование машиностроительного производства. – М.: Высшая школа, 1979. – 455 с.
7. Технологія машинобудування. Дипломне проектування: Навч. посіб./ А.М. Зинченко [та ін.]. – Алчевськ: ДонДТУ, 2013. – 311 с.
9. Горошкин А. К. Приспособления для металлорежущих станков: Справочник. - 7-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1979.
10. Станочные приспособления: Справочник. В 2-х т. / Под ред. Б. Н. Вардашкин и др. - М.: Машиностроение, 1984. Т. 2.
11. Ансеров М. А. Приспособления для металлорежущих станков: Расчеты и конструкции. - 3-е изд., стереот. - М.: Машиностроение, 1966.
12. Волосов С. С., Педь Е. И. Приборы для автоматического контроля в машиностроении – М.: Машиностроение, 1970. - 310 с.
13. Юдин Е. Я. Охрана труда в машиностроении: Учебник для машиностроительных вузов / Е.Я. Юдин, С.В. Белов, С.К. Баланцев и др. / Под

ред. Е.Я. Юдина, С.В. Белова.– 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1983, 432 с.

14. Якимов А. В. Оптимизация технологических процессов в машиностроении: Учеб.пособие / А.В. Якимов, В.П. Ларшин, А.А. Якимов и др. - Одесса: ОГПУ, 1995

15. Шишкин В. Н., Шевченко А. В. Эффективность автоматической размерной подналадки токарно-револьверных станков. – Технология и автоматиз. машиностр., Киев, 1984, № 33, с. 91-94.

16. Робототехника:Учебник /Под ред.Е. П. Попова и Е. И. Юреевича. – М.: Машиностроение, 1994. – 288 с.

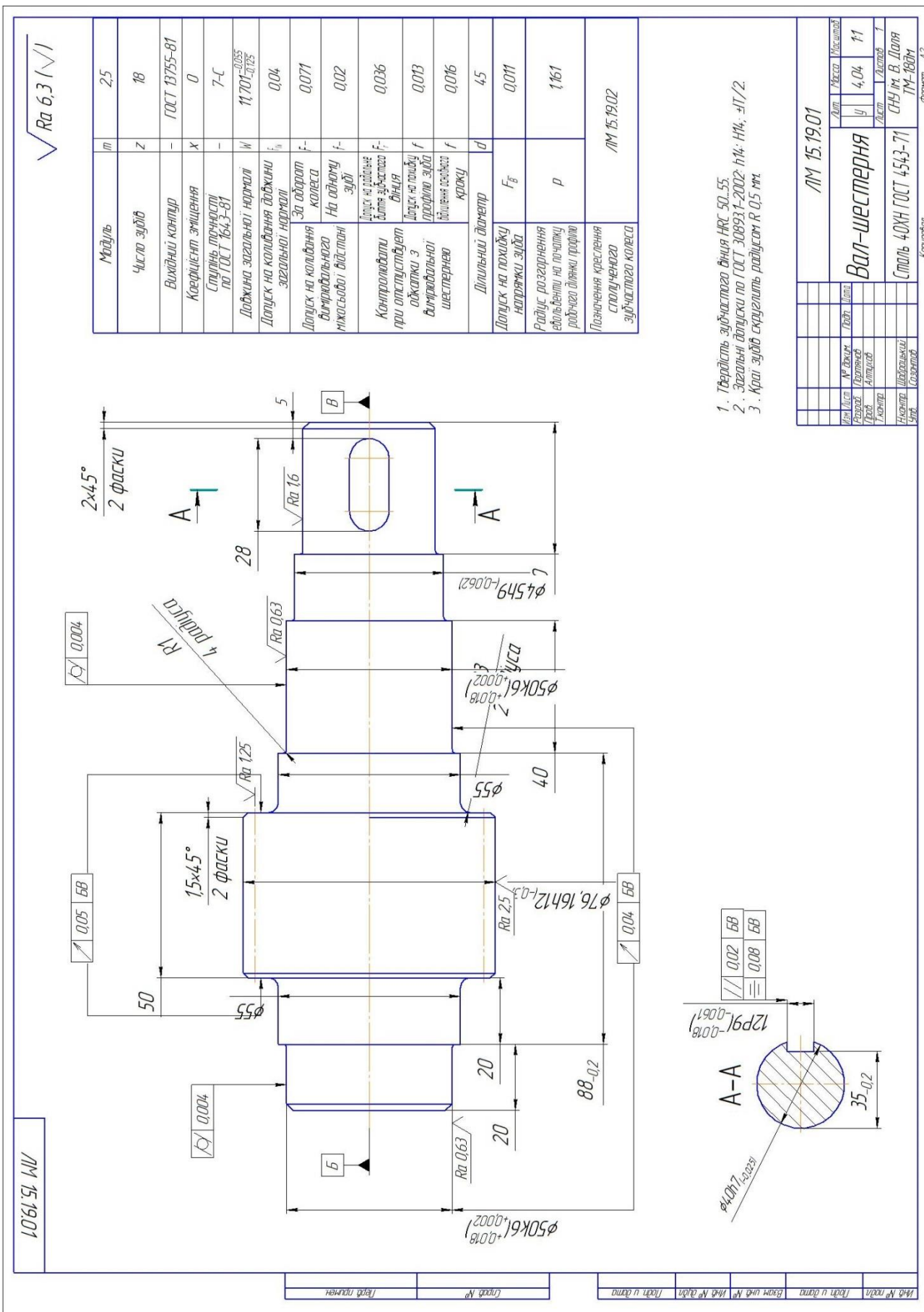
17. Янг Дж. Ф. Робототехника: Учебное пособие. – М.: Машиностроение, 1979. – 304 с.

18. Бурцев и др. Технология машиностроения в 2-х томах. – М.: МГТУ им Н. Э. Баумана, 1998.

19. Шишкин, В. Н., Шевченко А. В. Эффективность автоматической размерной подналадки токарно-револьверных станков. — Технология и автоматиз. машиностр.,Киев, 1984, № 33, с 91–94.



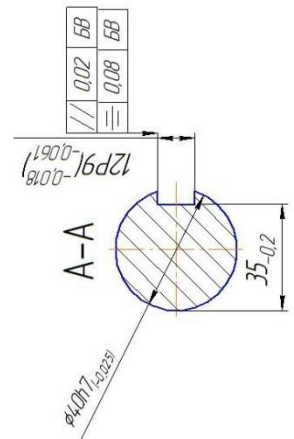
# ДОДАТОК А



1. Твердость зубчатого вичня НРС 50-55.
2. Загальні допуски по ГОСТ 30893-1-2002: 114; 114; -17/2.
3. Краї зубів скруглити радіусом R 0,5 мм.

Модуль	m	2,5	
Число зубів	z	18	
Вихідний контур	-	ГОСТ 13755-81	
Коефіцієнт зміцнення	x	0	
Ступінь точності по ГОСТ 1643-81	-	7-Є	
Довжина загальної нормалі	w	11,701 <sup>+0,055</sup> <sub>-0,125</sub>	
Допуск на коливання довжини загальної нормалі	f <sub>n</sub>	0,04	
Допуск на одорот колеса	f <sub>-</sub>	0,071	
Допуск на коливання вимірального міжосьової відстані	f <sub>-</sub>	0,02	
Контролювати при опістусітует	Допуск на радіальне біття зубця	f <sub>r</sub>	0,036
	Допуск на похибку профілю зуба	f <sub>α</sub>	0,013
	Допуск на відхилення товщини верха зуба	f <sub>α</sub>	0,016
Дільний діаметр	d	45	
Допуск на похибку напруги зуба	F <sub>β</sub>	0,011	
Радіус розгортання евольвенти на початку робочого ділянки профілю	p	1,161	
Позначення креслення	ЛМ 15.19.02		

ЛМ 15.19.01	
<b>Вал-шестерня</b>	
Діаг.	Маса
У	4,04
У	11
Сталь 40ХН ГОСТ 4543-71	
ЛМ-6804	



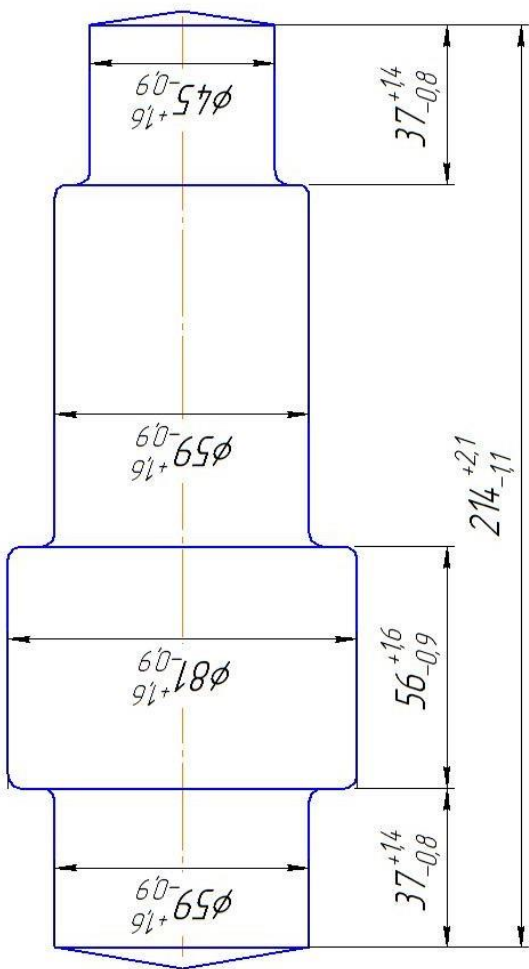
ЛМ 15.19.01

Лист 1 з 1

ДОДАТОК Б

ИМА

ЛМ 15.15.06



1. Штампування II групи.
2. Штампувальні цехи 5.
3. Незазначені радіуси заокруглень 2..3 мм.
4. Зсув по роз'єму штампка до 0,9 мм.
5. Глибина допускаються зовнішніх дефектів до 0,5 мм фактичного припуску.
6. На поверхнях штампування не допускається зашліфовка окалини.

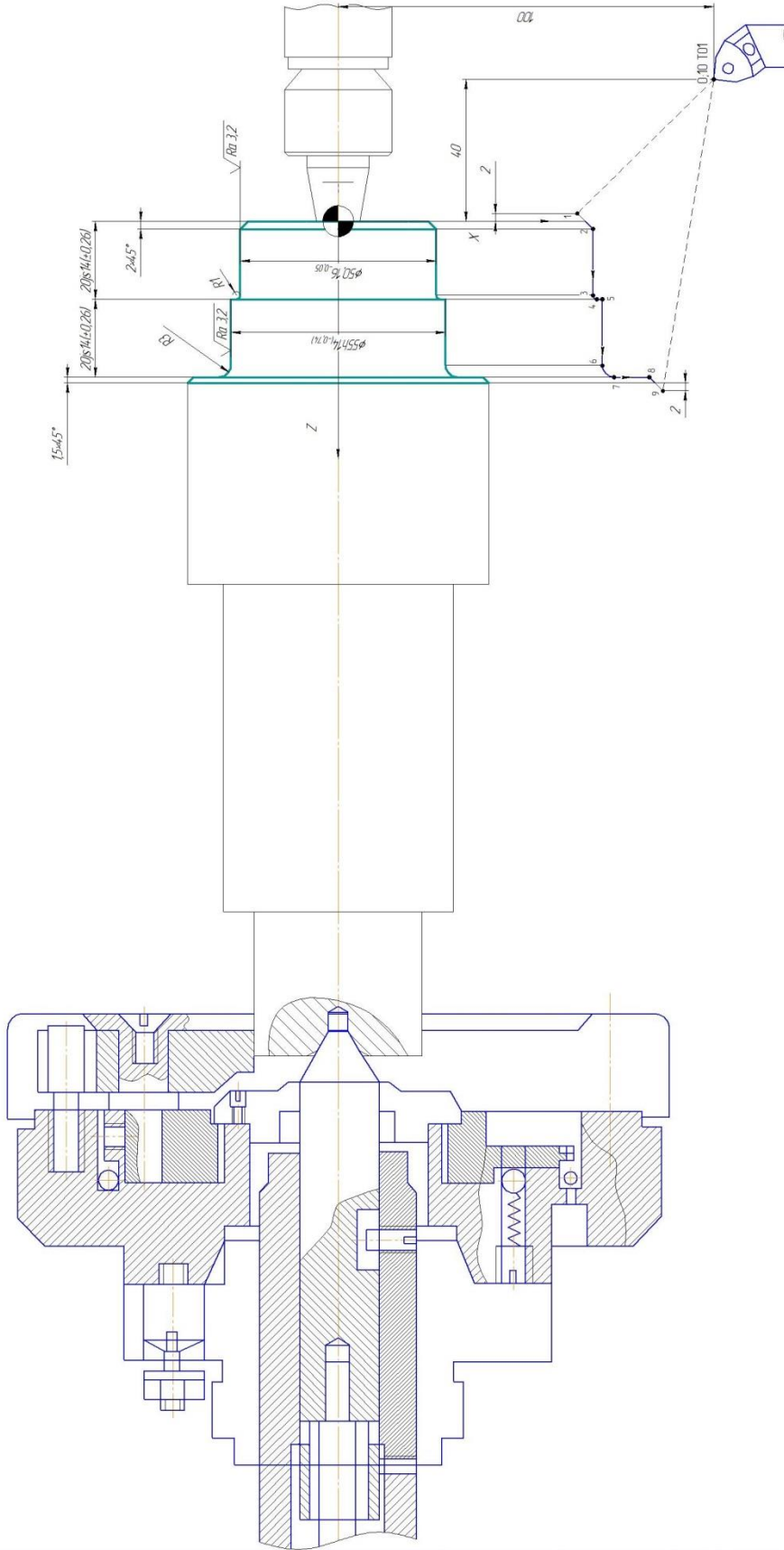
ЛМ 15.15.06		Лист	Масса	Масштаб
Штамповка (заготовка)		Ц	5,19	1:1
Сталь 40ХН ГОСТ 4543-71		Лист		Листов 1
Контрп. Шабельский		СНУ ім. В. Даля		ТМ-180м
Склад. Созонтов		Копирвал		Формат А3

ИМА № подл.	Взам. инв. №	ИМА № д/изм.	Лист. и дата	Склад. №	Лист. и номер
-------------	--------------	--------------	--------------	----------	---------------

### ДОДАТОК В

100051.MK

Операція: 015 Програма  
 Обладнання: верстат моделі 16K20Ф305  
 Пристосування: трьохшлицевий патрон, центри



Кодовий ліній			
x	42,16	50,16	-
y	-2	2	19
z	20	-	37
- 435 -40			

Результат розрахунку						
Результат розрахунку	f	i	s	v	n	ТД
Результат розрахунку	1	1	0.36	83	1000	0.75 2.3

Лист		Знак	
21	21		

Лист		Знак	
21	21		

Лист

Знак

Лист

Знак

Лист

Знак

Лист

Знак

Лист

Знак

Лист

Знак

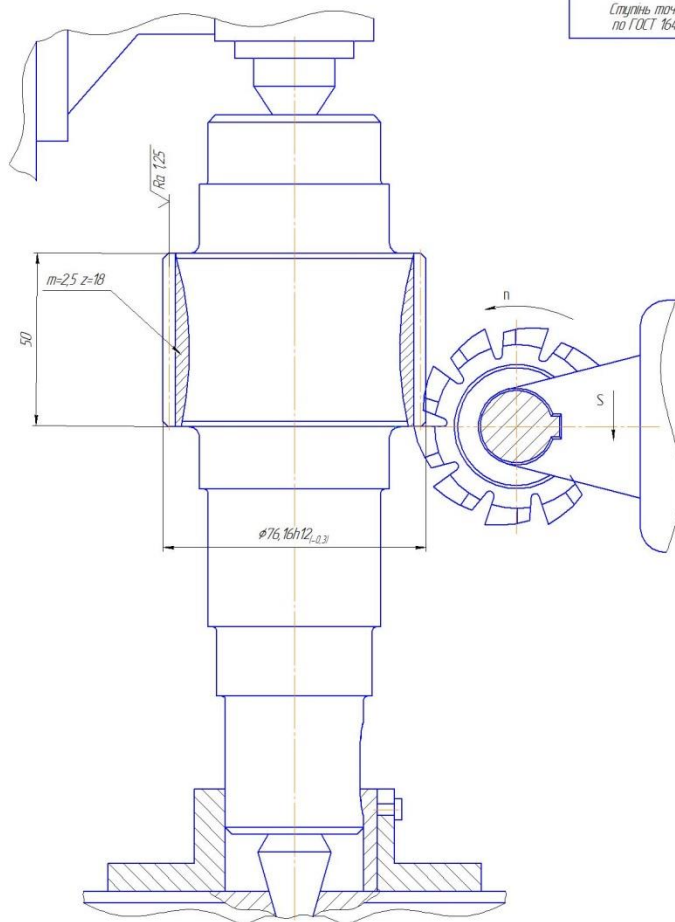
Лист

Знак

# ДОДАТОК Г

ЛМ.15.00.03

Модуль	m	2,5
Число зубів	z	18
Вихідний контур	-	ГОСТ 13755-81
Коефіцієнт зміщення	x	0
Ступінь точності по ГОСТ 1643-81	-	7-С



Режимы різання							
Різальний режим	f	i	s	v	n	Ta	Тшт-к
Різальний режим	5,5	1	1,2	54	275	7,31	11

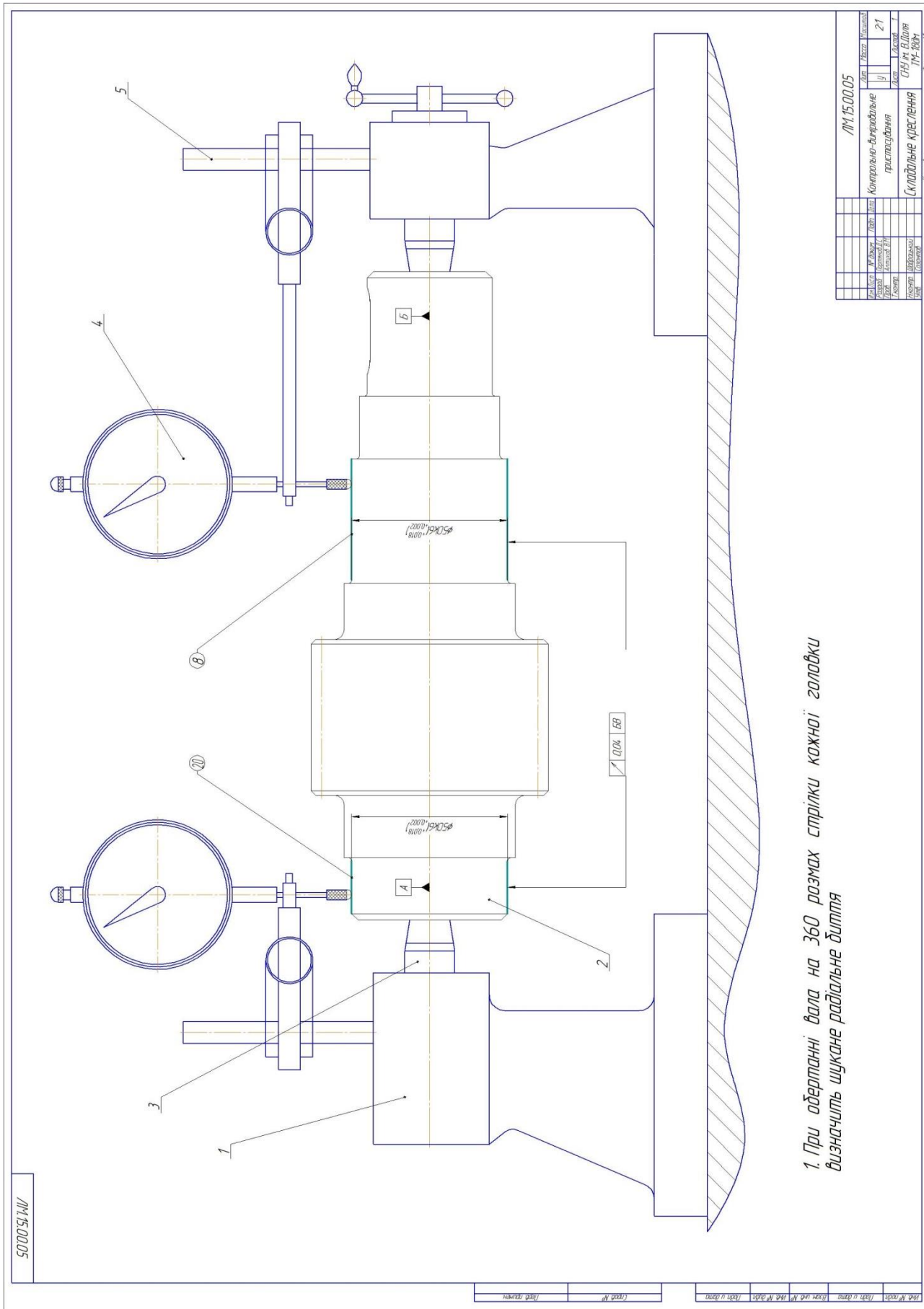
				ЛМ.15.00.03			
Лист	№ докум.	Розв.	Дата	РТК на операцію			
Резерв	Деталь	Контур	Контур	ОЗО			
Контур	Контур	Контур	Контур	Лист	Листів	11	
Контур	Контур	Контур	Контур	СНУ ім. В.Дорога			
Контур	Контур	Контур	Контур	ТМ-18/01			
Контур	Контур	Контур	Контур	Формат А1			

ЛМ.15.00.03 ЛМ.15.00.03 ЛМ.15.00.03 ЛМ.15.00.03 ЛМ.15.00.03 ЛМ.15.00.03 ЛМ.15.00.03 ЛМ.15.00.03





ДОДАТОК Ж



1. При обертанні вала на 360 градусів стрілки кожної голівки визначають шукане радіальне диття

LM15.00.05

ЛМ15.00.05		Лист	Кресл. №	Масштаб
Контроль-Формування	пристає	21	Листів	1
Складальне креслення		ЛМ15.00.05		
Корпус		ЛМ15.00.05		
Складальне креслення		ЛМ15.00.05		

№ кресл.	Листів у диття	Всього кресл. №	Листів у диття
Стор. №	Листів у диття	Листів у диття	Листів у диття

### ДОДАТОК К

$\sqrt{Ra 12,5(V)}$	
---------------------	--

№ док. подл. у дата		Лист 2		Листов 7	
№ док. подл.	№ док. подл.	№ док. подл.	№ док. подл.	№ док. подл.	№ док. подл.
Взам. уніб. №	Взам. уніб. №	Взам. уніб. №	Взам. уніб. №	Взам. уніб. №	Взам. уніб. №
Лист у дата	Лист у дата	Лист у дата	Лист у дата	Лист у дата	Лист у дата
Лист у дата	Лист у дата	Лист у дата	Лист у дата	Лист у дата	Лист у дата

**ЛМ 15.19.07**

Різець прохідний з квадратною пластинною прайди ГОСТ 26611-85

Складальне креслення

СНУ ім. В. Даля ТМ-18Дм

Копирвал

Формат А3

1. Матеріал державки - сталь 40Х по ГОСТ 5688-61 4.75 ... 511 НС.

2. Основні розміри різця по ГОСТ 26611-85.

3. НН, нН, ±НН/2.

4. \* Розміри для довідок.

5. Поверхня кріпильних елементів і державок різців повинні мати хімічне покриття Хім. Окс. Прм. по ГОСТ 9306-85.

6. Інші технічні вимоги по ГОСТ 26613-85.

7. Маркірувати різець по ГОСТ 26476-85.

8. Зазор між нижньою столовою поверхнею різця, державки і опорної пластини не допускається.



ДОДАТОК Л

