

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка 159 с., 37 табл., 15 рис., 6 дод., 21 джерел.

У дипломному проекті магістра розроблений технологічний процес виготовлення деталі вал-шестерня ВШ18.03

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.

## ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

Креслення деталі.....	A2
Креслення заготовки.....	A2
Розрахунково-технологічна карта на операцію 005 та 020.....	A1
Розрахунково-технологічна карта на операцію 010 .....	A1
Розрахунково-технологічна карта на операцію 015 .....	A1
Пристосування верстатне.....	A1
Пристосування контрольне.....	A1
Проект ділянки.....	A2
Усього в листах формату A1.....	6,5

## ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ	5
ВСТУП	6
<b>1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>	
1.1 Службове призначення деталі	7
1.2 Класифікація поверхонь деталі, аналіз технологічності конструкції	7
1.3 Визначення типу виробництва	9
1.4 Визначення операційної партії	16
1.5 Вибір методу отримання заготовок	18
1.6 Економічне обґрунтування доцільності застосування пропонуємого методу отримання заготівлі	20
1.7 Розробка маршрутного технологічного процесу	24
1.8 Вибір обладнання і ріжучого інструменту по операціям	26
1.9 Вибір варіанту технологічного маршруту по мінімуму поведених витрат	29
1.10 Операційний технологічний процес	34
1.11 Обґрунтування вибору технологічних баз і призначення операційних розмірів	37
1.12 Розрахунок діаметральних і лінійних операційних розмірів	38
1.13 Розрахунок режимів різання і основного технологічного часу	42
<b>2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА</b>	
2.1 Проектування спеціального установчо-затискального пристрою для фрезерно-центрувальної операції	65
2.2 Проектування пристосування для фрезерної операції	69
2.3 Проектування контрольного пристосування	74
<b>3 ПРОЕКТУВАННЯ МЕХАНІЧНОЇ ДІЛЯНКИ</b>	
3.1 Встановлення режиму роботи і річний фонд часу робітників і обладнання	77
3.2 Визначення кількості працівників ділянки	79

	4
3.3 Площа ділянки	80
4 ОРГАНІЗАЦІЯ І УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЦТВОМ НА ДІЛЯНЦІ	84
5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	
5.1 Розрахунок необхідної кількості обладнання та його завантаження і кількості працюючих	86
5.2 Розрахунок капітальних вкладень	89
6 ОХОРОНА ПРАЦІ	
6.1 Загальні відомості	110
6.2 Розрахунок освітлення	111
6.3 Мікроклімат	115
6.4 Шкідливі речовини	118
6.5 Шум	120
6.6 Електробезпека	125
6.7 Пожежна безпека	129
7 ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ХОДОВИХ ГВИНТІВ В МЕТАЛОРІЗАЛЬНИХ ВЕРСТАТАХ	132
8 ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ	140
ВИСНОВКИ	145
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	146
ДОДАТОК 1	148
ДОДАТОК 2	149
ДОДАТОК 3	150
ДОДАТОК 4	153
ДОДАТОК 5	156
ДОДАТОК 6	159

## **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

В даній магістерській роботі розробляється ділянка механічної обробки вала-шестерні з річним обсягом випуску  $Nr = 9800$  штук.

При проектуванні виробничого процесу, що протікає в механічному цеху, особлива увага приділятиметься взаємозв'язку етапів, в результаті яких виходить готовий виріб, кількісним і якісним змінам об'єкта виробництва, а також основним і допоміжним виробничим системам і сукупності операцій при проектуванні. Для умов серійного виробництва доцільніше застосовувати верстати з ЧПУ.

Технологічні можливості верстатів з ЧПУ обумовлені їх універсальністю, підвищеною жорсткістю, потужністю приводу і точністю, багатоінструментальністю, автоматизацією циклу технологічних операцій, широким діапазоном частот обертання шпінделя і подач, наявністю коректорів положення інструментів, можливістю ручної корекції подач, скороченням допоміжного часу завдяки високим швидкостям допоміжних ходів і малим вратам часу на зміну інструментів.

Застосування верстатів з ЧПУ взамін універсального обладнання створює певні переваги, зокрема такі: скорочення строків підготовки виробництва на 50-70 %; скорочення загальної тривалості циклу виготовлення продукції на 50-60 %; економію коштів на проектування і виготовлення технологічного оснащення на 30-85 %; підвищення продуктивності праці за рахунок скорочення допоміжного і основного часу обробки на верстаті.

## **1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА**

### **1.1 Службове призначення деталі**

Деталь «Вал-шестерня» в циліндричному двоступінчастому редукторі служить для передачі крутного моменту з швидкохідного ведучого вала на тихохідний ведений вал.

Редуктор - механізм, який призначен для зменшення частоти обертання і збільшення крутного моменту відповідно. Це механізм, що сполучається з двигуном і робочим агрегатом, муфтами або іншими роз'ємними пристроями.

У корпусі редуктора розміщені зубчасті або черв'ячні колеса, закріплені на валах. Вали спираються на підшипники, які розташовуються в корпусі редуктора.

Циліндричні редуктори комплектуються тільки циліндричними зубчастими передачами і відрізняються числом ступенів і положенням валів. Циліндричні двоступінчасті редуктори зазвичай виконують по розгорнутій, роздвоєній або соосній схемі. Найбільш поширена розгорнута схема. Редуктори, виконані за цією схемою, досить технологічні, мають малу ширину, допускають легку і раціональну уніфікацію.

### **1.2 Класифікація поверхонь деталі, аналіз технологічності конструкції**

Виконавчі поверхні: 3.

Основні базуючі поверхні: 1; 6.

Допоміжні бази: 5; 10; 12.

Вільні поверхні: 2; 4; 7; 8; 9; 11.

Якісна оцінка характеризує технологічність конструкції узагальнено на підставі досвіду виконавця.

Кількісна оцінка технологічності виробу виражається числовими показниками і виправдана в тому випадку, якщо вони істотно впливають на технологічність розглянутої конструкції.

Ескіз деталі наведений на рис. 1.1.

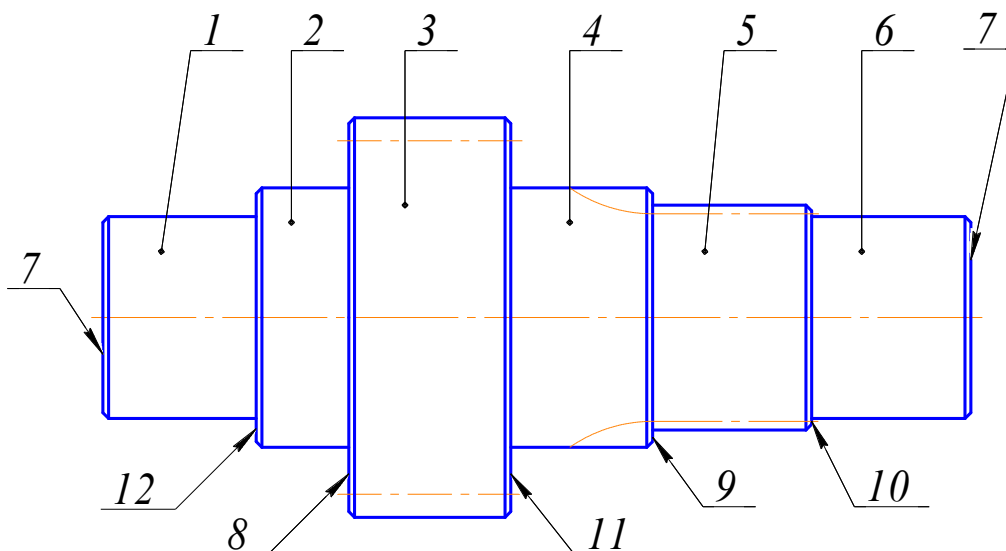


Рисунок 1.1 - Ескіз деталі

Деталь «Вал-шестерня» виготовляється з конструкційної легованої сталі 40Х по ГОСТ 4543-88, хімічний склад і механічні властивості якої наводяться відповідно в табл. 1.1, 1.2[1].

Таблиця 1.1 - Хімічний склад сталі 40Х

Вуглець, %	Кремній, %	Марганець, %	Сірка, %	Фосфор, %	Нікель, %	Мідь, %	Хром, %
0,36-0,44	0,17-0,37	0,5-0,8	0-0,035	0-0,035	0-0,3	0-0,3	0,8-1,1

Таблиця 1.2 - Механічні властивості сталі 40Х

Межа текучості, МПа	Межа міцності, МПа	Відносне подовження, %	Відносне звуження, %.
Не менше			
785	980	10	45

Кількісні показники технологічності конструкції.

Робоче креслення деталі містить всі відомості, що дають повне уявлення про деталь, тобто всі необхідні проекції, розрізи, перерізи та виносні елементи, абсолютно точно і однозначно пояснюючи її конфігурацію і можливі способи виготовлення.

Деталь має раціональну форму, що дозволяє застосовувати високопродуктивні методи отримання заготовки та обробки. Деталь має зручні базові поверхні - зовнішні циліндричні поверхні або центрувальні отвори.

Найбільш точні розміри: 2 діаметра 70к6.

Найбільш мала шорсткість: Ra 0,63 у трьох поверхонь.

З вищесказаного видно, що деталь є технологічною.

### 1.3 Визначення типу виробництва

Визначення коефіцієнта закріплення операцій.

Штучно-калькуляційний час на обробку деталі приймаємо за базовим варіантом, тобто  $T_{шк} = 34,64$  хв.

Кількість верстатів на кожній операції визначаємо за формулою:

$$m_p = \frac{N \cdot t_{шк}}{60 \cdot T_{ед} \cdot \eta_{зн}}, \quad (1.1)$$

де  $N$  – річний обсяг деталей;

$T_{ед}$  – дійсний ефективний річний фонд часу роботи обладнання (приймаємо 3800 годин);

$\eta_{зн} = (0,75 \div 0,8)$  – проектний коефіцієнт завантаження.

Приймаємо  $\eta_{зн} = 0,8$ .

Кількість верстатів на фрезерно-центрувальній операції визначаємо за формулою:



$$m_p = \frac{9800 \cdot 1,63}{60 \cdot 3800 \cdot 0,8} = 0,09;$$

Приймаємо  $m_p = 1$  верстат.

Кількість верстатів для токарної чорнової операції визначаємо за формулою:

$$m_p = \frac{9800 \cdot 4,21}{60 \cdot 3800 \cdot 0,8} = 0,23;$$

Приймаємо  $m_p = 1$  верстат.

Кількість верстатів для токарної чистової операції визначаємо за формулою:

$$m_p = \frac{9800 \cdot 3,87}{60 \cdot 3800 \cdot 0,8} = 0,2;$$

Приймаємо  $m_p = 1$  верстат.

Кількість верстатів на зубофрезерній операції визначаємо за формулою:

$$m_p = \frac{9800 \cdot 13,94}{60 \cdot 3800 \cdot 0,8} = 0,74;$$

Приймаємо  $m_p = 1$  верстат.

Кількість верстатів на шліцефрезерній операції визначаємо за формулою:

$$m_p = \frac{9800 \cdot 6,36}{60 \cdot 3800 \cdot 0,8} = 0,34;$$

Приймаємо  $m_p = 1$  верстат.

Кількість верстатів на круглошліфувальній операції визначаємо за формулою:

$$m_p = \frac{9800 \cdot 4,93}{60 \cdot 3800 \cdot 0,8} = 0,26;$$

Приймаємо  $m_p = 1$  верстат.

Визначаємо фактичне завантаження верстатів:

$$\eta_{зф} = \frac{m_p}{m_{кр}} \cdot \eta_{зн}, \quad (1.2)$$

$$а) \eta_{зф} = \frac{0,09}{1} \cdot 0,8 = 0,072;$$

$$б) \eta_{зф} = \frac{0,23}{1} \cdot 0,8 = 0,184;$$

$$в) \eta_{зф} = \frac{0,2}{1} \cdot 0,8 = 0,16;$$

$$г) \eta_{зф} = \frac{0,74}{1} \cdot 0,8 = 0,592;$$

$$д) \eta_{зф} = \frac{0,34}{1} \cdot 0,8 = 0,272;$$

$$е) \eta_{зф} = \frac{0,26}{1} \cdot 0,8 = 0,208.$$

Визначаємо кількість операцій на кожному верстаті:

$$O_i = \frac{\eta_{зн}}{\eta_{зф}}, \quad (1.3)$$

$$а) O_i = \frac{0,8}{0,072} = 11,11;$$

$$б) O_i = \frac{0,8}{0,184} = 4,35;$$

$$в) O_i = \frac{0,8}{0,16} = 5;$$

$$г) O_i = \frac{0,8}{0,592} = 1,35;$$

$$д) O_i = \frac{0,8}{0,272} = 2,94;$$

$$е) O_i = \frac{0,8}{0,208} = 3,84;$$

$$\Sigma O_i = 28,59.$$

Коефіцієнт закріплення операцій визначаємо за формулою:

$$K_{з.о} = \frac{\Sigma O}{\Sigma P}, \quad (1.4)$$

де  $\Sigma O$  – кількість операцій;

$\Sigma P$  – кількість верстатів;

$$K_{з.о} = \frac{28,59}{6} = 4,76 \approx 5.$$

Такому коефіцієнту закріплення операцій відповідає багатосерійне виробництво.

У табл. 1.3 наведені значення коефіцієнтів закріплення операцій. З урахуванням подальшого проектування коефіцієнт закріплення операцій буде скоректований у зв'язку зі зміною обсягу випуску для забезпечення мінімального завантаження ділянки.

Таблиця 1.3 - Таблиця визначення коефіцієнта закріплення операцій

№ операції	Найменування операції	Штучно-калькуляційний час	Розрахункова кількість обладнання	Прийнята кількість обладнання	Коефіцієнт закріплення операцій фактичний	$\frac{\eta_{зн}}{\eta_{зф}}$
		$T_{шт-к}$	$m_p$	$m_{пр}$	$\eta_{зф}$	$O_c$
005	Фр-центр.	1,63	0,09	1	0,072	11,11
010	Ток-черн.	4,21	0,23	1	0,184	4,35
015	Ток-чист.	3,87	0,2	1	0,16	5
020	Зубофрез.	13,94	0,74	1	0,592	1,35
025	Шліцефрез.	6,36	0,34	1	0,272	2,94
030	Круглошліф.	4,93	0,26	1	0,208	3,84
		$\Sigma=34,64$				$\Sigma=28,59$

Загальна кількість деталей, що випускається на ділянці визначається за формулою:

$$N = \frac{T_{ON} \cdot 60}{T} \text{ шт}, \quad (1.5)$$

де  $T_{ON}$  – потужність ділянки (приймаємо 66800 верстато-годин);

$T$  – трудомісткість виготовлення деталі (за базовим варіантом  $T = 34,64$ ).

$$N_i = \frac{66800 \cdot 60}{34,64} = 115877,6 \text{ шт.}$$

Кількість верстатів на ділянці визначається за формулою:

$$m_i = \frac{N_i \cdot T_{ш-к i}}{F_d \cdot \eta \cdot 60} \text{ шт}, \quad (1.6)$$

де  $N_i$  – кількість деталей, що випускаються на ділянці;

$T_{ш-к i}$  – штучно-калькуляційний час;

$F_d$  – річний дійсний фонд роботи обладнання (приймаємо 3800 годин);

$\eta$  – проектний коефіцієнт завантаження (приймаємо 0,8).

Кількість верстатів на ділянці дорівнює:

$$m_i = \frac{115877,6 \cdot 34,64}{3800 \cdot 0,8 \cdot 60} = 22 \text{ шт.}$$

Визначаємо коефіцієнт закріплення операцій щодо верстата 53A20. Приймаємо верстат на зубофрезерній операції за 100 % завантаження.

Відносний коефіцієнт закріплення операцій дорівнює: - на фрезерно-центрувальній операції  $\eta_{з.отн.} = 12,1$  %, коли  $\eta_{зф} = 7,2$  %;

- на токарно-черновій операції  $\eta_{з.отн.} = 30,97$  %, коли  $\eta_{зф} = 18,4$  %;

- на токарно-чистовій операції  $\eta_{з.отн.} = 26,93$  %, коли  $\eta_{зф} = 16$  %;

- на зубофрезерній операції  $\eta_{з.отн.} = 100$  %, коли  $\eta_{зф} = 59,2$  %;

- на шліцефрезерній операції  $\eta_{з.отн.} = 45,79$  %, коли  $\eta_{зф} = 27,2$  %;

- на шліфувальній операції  $\eta_{з.отн.} = 35,01$  %, коли  $\eta_{зф} = 20,8$  %;

$$\sum \eta_{з.отн.} = 0,121 + 0,3097 + 0,2693 + 1 + 0,4579 + 0,3501 = 2,507.$$

Середній коефіцієнт закріплення операції щодо верстата 53A20 на зубофрезерній операції дорівнює 36,54 %.

Кількість обладнання на кожній операції визначаємо за формулою:

$$m_p = \frac{m_i}{\sum \eta_{з.отн. i}} \cdot \eta_{з.отн. i}, \quad (1.7)$$

де  $m_i$  - кількість верстатів на ділянках.

$\eta_{з.отн. i}$  – відносне завантаження кожного верстата.

$$\text{a) } m_p = \frac{22}{2,507} \cdot 0,121 = 1,06, m_{\text{пр}} = 1;$$

$$\text{б) } m_p = \frac{22}{2,507} \cdot 0,3097 = 2,71, m_{\text{пр}} = 3;$$

$$\text{в) } m_p = \frac{22}{2,507} \cdot 0,2693 = 2,36, m_{\text{пр}} = 2;$$

$$\text{г) } m_p = \frac{22}{2,507} \cdot 1 = 8,77, m_{\text{пр}} = 9;$$

$$\text{д) } m_p = \frac{22}{2,507} \cdot 0,4579 = 4,18, m_{\text{пр}} = 4;$$

$$\text{е) } m_p = \frac{22}{2,507} \cdot 0,3501 = 3,07, m_{\text{пр}} = 3;$$

$$\Sigma m_p = 22, \Sigma m_{\text{пр}} = 22 \text{ верстата.}$$

Визначаємо кількість операцій на даному верстаті:

$$O_i = \frac{\eta_{\text{зн}}}{\eta_{\text{з.отн.}i}}; \quad (1.8)$$

$$\text{а) } O_i = \frac{0,8}{0,121} = 6,6;$$

$$\text{б) } O_i = \frac{0,8}{0,3097} = 2,58;$$

$$\text{в) } O_i = \frac{0,8}{0,2693} = 2,97;$$

$$\text{г) } O_i = \frac{0,8}{1} = 0,8;$$

$$\text{д) } O_i = \frac{0,8}{0,4579} = 1,74;$$

$$\text{е) } O_i = \frac{0,8}{0,3501} = 2,28;$$

$$\Sigma O_i = 16,97.$$

Коефіцієнт закріплення операцій визначається за формулою:

$$K_{\text{з.о}} = \frac{\Sigma O}{\Sigma P}, \quad (1.9)$$

де  $\Sigma O$  – кількість операцій;

$\Sigma P$  – кількість верстатів.

$$K_{3.0} = \frac{16.97}{22} = 0,77 \approx 1.$$

Такому коефіцієнту закріплення операцій відповідає серійне виробництво. Зведена таблиця визначення коефіцієнта закріплення операцій наведена у табл. 1.4.

Таблиця 1.4 - Зведена таблиця визначення коефіцієнта закріплення операцій

№ операції	Найменування операції	Штучно-калькуляційний час	Розрахункова кількість обладнання	Прийнята кількість обладнання	Коефіцієнт закріплення операцій фактичний	$\frac{\eta_{zn}}{\eta_{zf}}$
					$\eta_{zf}$	$O_c$
05	Фр-центр.	1,63	1,06	1	0,072	6,6
10	Ток-черн.	4,21	2,71	3	0,184	2,58
15	Ток-чист.	3,87	2,36	2	0,16	2,97
20	Зубофрезерн.	13,94	8,77	9	0,592	0,8
25	Шліцефрезерн.	6,36	4,18	4	0,272	1,74
30	Круглошліф.	4,93	3,07	3	0,208	2,28

Діаграма завантаження устаткування наведена на рис. 1.2.

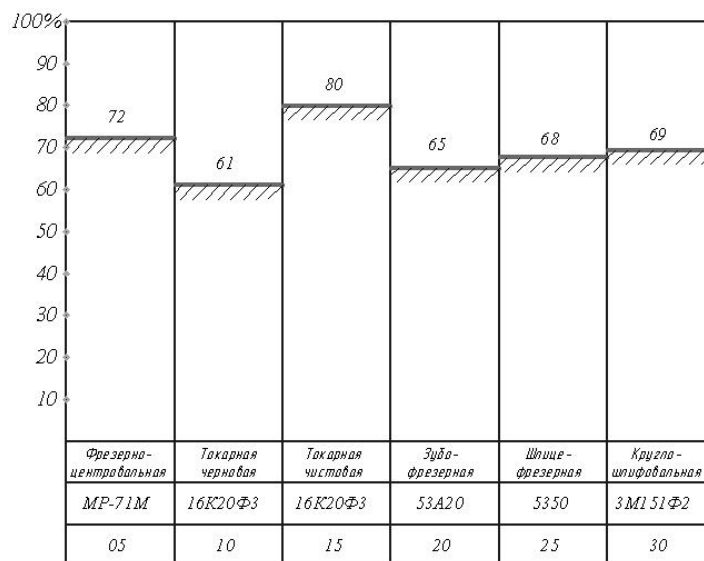


Рисунок 1.2 - Діаграма завантаження устаткування

Визначаємо коефіцієнт завантаження обладнання:

$$\eta_z = \frac{\eta_{зф}}{m_{пр}}, \quad (1.10)$$

а)  $\eta_z = \frac{0,072}{1} = 0,072;$

б)  $\eta_z = \frac{0,184}{3} = 0,061;$

в)  $\eta_z = \frac{0,16}{2} = 0,08;$

г)  $\eta_z = \frac{0,592}{9} = 0,065;$

д)  $\eta_z = \frac{0,272}{4} = 0,068;$

є)  $\eta_z = \frac{0,208}{3} = 0,069.$

Частка завантаження вала дорівнює  $\frac{\eta_{з.ср}}{\eta_{з.к}} = \frac{5,5}{0,8} = 6,875 \%$ , при річному обсязі випуску  $Nr = 9800$  шт.

#### 1.4 Визначення операційної партії

Тип виробництва визначається багатьма факторами, основними з яких є величина річної програми випуску і маси виробу (табл. 1.5).

Таблиця 1.5 - Залежність типу виробництва від обсягу випуску і маси деталі.

Маса деталі, кг	Величина річної програми, шт.				
	Одиничне	Дрібно-серійне	Середньо-серійне	Крупно-серійне	Масове
<1	<10	10-1500	1500-75000	75000-200000	>200000
1-2,5	<10	10-1000	1000-50000	50000-100000	>100000
2,5-5	<10	10-500	500-35000	35000-75000	>75000
5-10	<10	10-300	300-25000	25000-50000	>50000
>10	<10	10-200	200-10000	10000-25000	>25000

Маса деталі 15,4 кг, програма випуску 9800 шт/рік, тоді по табл. 1.5 знаходимо, що це середнесерійне виробництво[2].

Таке виробництво характеризується обмеженою номенклатурою виробів, що виготовляються періодично повторюваними партіями і порівняно великим обсягом і випуском. При середнесерійному виробництві вироби запускаються у виробництво партіями. Технологічний процес включає окремі операції, закріплені за кожним верстатом. Застосовуються різноманітні верстати. Ріжучі інструменти як стандартні, так і спеціальні. В якості вимірювального інструмента застосовуються калібри і шаблони.

Кваліфікація робітників - середня, обладнання розташовується по ходу технологічного процесу. При звичайному середнесерійному виробництві час роботи верстатів не узгоджується, заготовки на наступну операцію передаються партіями.

Чим більше річний випуск деталей, тим краще використовується обладнання, збільшується продуктивність праці і знижується собівартість продукції.

Розмір партії запуску визначається за формулою:

$$n = \frac{N \cdot t}{D}, \quad (1.11)$$

де  $t$  – число днів запасу для нормальної роботи збірки;

$D$  – кількість робочих днів в році.

$$n = \frac{9800 \cdot 7}{251} = 273.$$

Приймаємо партію запуску  $n = 300$  шт.



## 1.5 Вибір методу отримання заготовок

Вибір виду заготовки визначається конструкцією деталі, матеріалом, технічними вимогами, програмою випуску. При виборі заготовки встановимо спосіб її отримання, визначимо припуски на обробку, розраховуємо розміри і встановимо допуски на розміри. При виборі способу отримання заготовки необхідно прагнути, щоб форми і розміри заготовки якомога більше наближались до форми і розмірам готової деталі.

### Варіант 1.

Заготівлею для деталі "Вал-шестерня» служить штампування, отримане на кривошипних пресах. Штампування на кривошипних пресах в 2÷3 рази продуктивніше, припуски і допуски на 20÷35 % нижче в порівнянні зі штампуванням на молотах, витрата металу на поковки знижується на 10÷15 %. Припуски і допуски заготовок, що штампуються на кривошипних пресах, приймають по ГОСТ 7505-89. Маса деталі – 15,4 кг.

Розрахункова маса поковки визначається за формулою:

$$m_{заг} = m_{д} \cdot K_p, \quad (1.12)$$

де  $K_p$  – розрахунковий коефіцієнт,  $K_p = 1,5$

$$m_{заг} = 15,4 \cdot 1,5 = 23,1 \text{ кг.}$$

Клас точності - Т4 (відкрите штампування).

Група сталі – М2.

Ступінь складності – С1 ( $G_{п}/G_{ф} = 0,65$ ).

Конфігурація поверхні роз'єму штампа - П (плоска).

Вихідний індекс – 15.

Штампувальні ухили зовнішніх поверхонь – 5°

Радіуси заокруглення – 5 мм min.

Припуски і допуски, визначені за ГОСТ 7505-89 заносимо в табл. 1.6

Таблиця 1.6 – Основні припуски і розміри по ГОСТ 7505-89.

Оброблювана поверхня	Розмір поверхні, мм	Параметр шорсткості деталі	Припуск, мм	Допуск, мм	Зсув або відхилення від прямолінійності, мм
Зовнішня	Ø134,23h9	Ra 6,3	2,5·2=5,0	+2,4 -1,2	0,6
Зовнішня	Ø90h14	Ra 12,5	1,9·2=3,8	+2,1 -1,1	0,6
Зовнішня	Ø78h6	Ra 0,63	2,5·2=5,0	+2,1 -1,1	0,6
Зовнішня	Ø70k6	Ra 0,63	2,5·2=5,0	+2,1 -1,1	0,6
Зовнішня	56h14	Ra 12,5	1,9·2=3,8	+2,1 -1,1	0,6
Зовнішня	141h14	Ra 12,5	2,0·2=4,0	+2,4 -1,2	0,6
Зовнішня	190h14	Ra 12,5	2,2·2=4,4	+2,7 -1,3	0,6
Зовнішня	245h14	Ra 12,5	2,4·2=4,8	+3,0 -1,5	0,6
Зовнішня	300h14	Ra 12,5	2,4·2=4,8	+3,0 -1,5	0,6

Розміри штампування, мм:

- діаметр 134,23 + (2,5 + 0,6) · 2 = 140,43 мм      приймаємо – 141 мм
- діаметр 90 + (1,9 + 0,6) · 2 = 95 мм              приймаємо – 95 мм
- діаметр 78 + (2,5 + 0,6) · 2 = 84,2 мм            приймаємо – 85 мм
- діаметр 70 + (2,5 + 0,6) · 2 = 76,2 мм            приймаємо – 77 мм
- торці 56 + (1,9 + 0,6) · 2 = 61 мм                приймаємо – 61 мм
- торці 141 + (2,0 + 0,6) · 2 = 146,2 мм            приймаємо – 147 мм
- торці 190 + (2,2 + 0,6) · 2 = 195,6 мм            приймаємо – 196 мм
- торці 245 + (2,4 + 0,6) · 2 = 251 мм              приймаємо – 251 мм
- торці 300 + (2,4 + 0,6) · 2 = 306 мм              приймаємо – 306 мм

Варіант 2.

Заготівлею для деталі "Вал-шестерня» служить круглий сортовий прокат по ГОСТ 2590-71 (рис. 1.3).

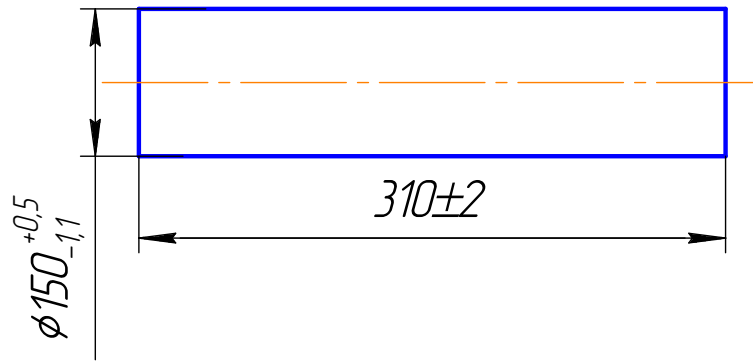


Рисунок 1.3 – Заготовка

## 1.6 Економічне обґрунтування доцільності застосування пропонуємого методу отримання заготівлі

Варіант 1.

Об'єм заготовки визначається за формулою:

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5 + V_6, \quad (1.13)$$

де  $V_{1-6} = \frac{\pi \cdot D_1^2 \cdot h}{4}$  – обсяг елемента деталі;

$$V_1 = \frac{3,14 \cdot 7,7^2 \cdot 5,2}{4} = 242,1 \text{ см}^3; \quad V_2 = \frac{3,14 \cdot 9,5^2 \cdot 3,4}{4} = 241,0 \text{ см}^3;$$

$$V_3 = \frac{3,14 \cdot 14,1^2 \cdot 6,1}{4} = 952,5 \text{ см}^3; \quad V_4 = \frac{3,14 \cdot 9,5^2 \cdot 4,9}{4} = 347,3 \text{ см}^3;$$

$$V_5 = \frac{3,14 \cdot 8,5^2 \cdot 5,5}{4} = 312,1 \text{ см}^3; \quad V_6 = \frac{3,14 \cdot 7,7^2 \cdot 5,5}{4} = 256,1 \text{ см}^3;$$

$$V = 242,1 + 241,0 + 952,5 + 347,3 + 321,1 + 256,1 = 2359,1 \text{ см}^3.$$

Маса заготовки:

$$m_{\text{зш}} = V \cdot \rho = 2359,1 \cdot 7,85 \cdot 10^{-3} = 18,5 \text{ кг}. \quad (1.14)$$

Приймаємо неминучі технологічні втрати (угар, облой і т.д.) при гарячому об'ємному штампуванні рівними 10 %.

Визначаємо витрату матеріалу на одну деталь:

$$m_{\text{ВМ}} = \frac{m_{\text{зш}} \cdot (100 + \Pi_{\text{ш}})}{100}, \quad (1.15)$$

$$m_{\text{ВМ}} = \frac{18,5 \cdot (100 + 10)}{100} = 20,37 \text{ кг.}$$

Коефіцієнт використання матеріалу на штамповану заготовку визначаємо за формулою:

$$K_{\text{ВМ}} = \frac{m_{\text{д}}}{m_{\text{ВМ}}}, \quad (1.16)$$

$$K_{\text{ВМ}} = \frac{15,4}{20,37} = 0,76.$$

Вартість штампованої заготовки визначаємо за формулою:

$$C_{\text{зш}} = (C_{\text{м}} \cdot m_{\text{ВМ}}) - (m_{\text{ВМ}} - m_{\text{д}}) \cdot \frac{C_{\text{ом}}}{1000}, \quad (1.17)$$

$$C_{\text{зш}} = (0,2 \cdot 20,37) - (20,37 - 15,4) \cdot \frac{33,9}{1000} = 39 \text{ грн.}$$

Варіант 2.

Діаметр заготовки  $D = 150$  мм.

Припуски на підрізування торцевих поверхонь заготовки дорівнює 3,0 мм.

Довжина заготовки  $L = 310$  мм.

Обсяг заготівлі визначаємо за формулою:

$$V = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot L}{4} = \frac{3,14 \cdot 15,0^2 \cdot 31,0}{4} = 5478 \text{ см}^2. \quad (1.18)$$

Масу заготовки визначаємо за формулою:

$$m_n = \rho \cdot V = 7,85 \cdot 10^{-3} \cdot 5478 = 43 \text{ кг.} \quad (1.19)$$

Заготівлю відрізають сегментною дисковою пилкою. Втрати на затиск заготовки  $l_{зж}$ . Приймаємо 80мм.

Довжину торцьового обрізання прокату визначаємо зі співвідношення:

$$l_{об.} = (0,3 \div 0,5) \cdot D, \quad (1.20)$$

де  $D$  – діаметр перетину заготовки, мм;  $D = 150$  мм.

$$l_{об.} = 0,4 \cdot 150 = 60 \text{ мм.}$$

Число заготовок, виходячи з прийнятої довжини прокату 4 м.

$$X = \frac{L_{np} - l_{зж} - l_{об.}}{l_3 + l_{np}} = \frac{4000 - 80 - 60}{310 + 6,5} = 12,2 \text{ шт.} \quad (1.21)$$

Отримуємо 12 заготовок з даної довжини прокату.

Залишок довжини визначаємо за формулою:

$$L_{нк} = L_{np} - l_{зж} - l_{об.} - X \cdot (l_3 + l_{np}), \quad (1.22)$$

$$L_{нк} = 4000 - 80 - 60 - 12 \cdot (310 + 6,5) = 62 \text{ мм.}$$

$$\Pi_{нк} = \frac{L_{нк} \cdot 100}{L_{np}}, \quad (1.23)$$

$$\Pi_{нк} = \frac{62 \cdot 100}{4000} = 1,55 \text{ \%}.$$

Втрати матеріалу на затиск при відрізку визначаємо за формулою:

$$\Pi_{зж} = \frac{l_{зж} \cdot 100}{L_{np}}, \quad (1.24)$$

$$P_{заж} = \frac{80 \cdot 100}{4000} = 2 \%$$

Втрати матеріалу на довжину торцевого обрізання прокату визначаємо за формулою:

$$P_{об} = \frac{l_{об} \cdot 100}{L_{пр}}, \quad (1.25)$$

$$P_{об} = \frac{60 \cdot 100}{4000} = 1,5 \%$$

$$P_{н.о} = P_{нк} + P_{об} + P_{заж} = 1,55 + 2 + 1,5 = 5,05 \%. \quad (1.26)$$

Витрата матеріалу на одну деталь з урахуванням всіх технологічних неминучих втрат визначаємо за формулою:

$$m_{з.н} = \frac{m_n \cdot (100 + P_{н.о})}{100}, \quad (1.27)$$

$$m_{з.н} = \frac{43 \cdot (100 + 5,05)}{100} = 45,17 \text{ кг.}$$

Коефіцієнт використання матеріалу визначаємо за формулою:

$$K_{ум} = \frac{m_g}{m_{з.н}} = \frac{15,4}{45,17} = 0,34. \quad (1.28)$$

Вартість заготовки з прокату визначаємо за формулою:

$$C_{з.н} = C_m \cdot m_{з.н} - (m_{з.н} - m_g) \cdot \frac{C_{ом}}{1000}, \quad (1.29)$$

$$C_{з.н} = 0,133 \cdot 45,17 - (45,17 - 15,4) \cdot \frac{33,90}{1000} = 50 \text{ грн.}$$

Техніко-економічні розрахунки показують, що заготовка, отримана штампуванням на кривошипних пресах, економічніша щодо використання

матеріалу і дешевше за собівартістю виготовлення. Тому застосовуємо заготовку, отриману штампуванням на кривошипних пресах.

Річна економія матеріалу від обраного варіанту виготовлення заготовки визначається за формулою:

$$E_m = (m_{ш} - m_n) \cdot N = (45,17 - 20,37) \cdot 9800 = 243040 \text{ кг.} \quad (1.30)$$

Економічний ефект виготовлення заготовки визначаємо за формулою:

$$E = (C_{з.н} - C_{з.ш}) \cdot N = (50 - 39) \cdot 9800 = 106820 \text{ грн.} \quad (1.31)$$

Метод отримання заготовки наведений в табл.1.7.

Таблиця 1.7 - Зведена таблиця методу отримання заготовки

Найменування показників	1 варіант	2 варіант
1. Вид заготовок	прокат	штампівка
2. Клас точності	–	2
3. Група складності	–	2
4. Коефіцієнт використання металу базова вартість 1т. заготовки, $S_i$ , грн.	0,34	0,76
5. Базова вартість 1т. заготовки, $S_i$ , грн.	2000	3566
6. Вартість 1т. стружки $S_{отх}$ , грн.	250	250
7. Вартість додаткової обробки, $S_{доп}$ , грн.	20	–
8. Собівартість варіанту з урахуванням механічної обробки, $C_i$ , грн.	50	39
9. Маса заготовки, кг.	43	18,50
10. Економічний ефект, грн.	106820	

### 1.7 Розробка маршрутного технологічного процесу

Маршрут обробки деталі "Вал-шестерня» наведений в табл. 1.8.

Таблиця 1.8 - Маршрут обробки деталі «Вал-шестерня»

Операція	Найменування і зміст операції	Верстат, обладнання	Верстатне пристосування
005	Фрезерно-центрувальна. Фрезерувати торці 7 в розмір, центрувати обидва торці одночасно.	Фрезерно-центрувальний напівавтомат МР-71М	Лещата пневматичні
010	Токарна Точити поверхні 1 з припуском під шліфування; 3 - остаточно; 2 - одноразово; підрізати торець 8; точити фаски.	Токарний с ЧПУ 16К20Ф3	Патрон повідковий 7108-0025, центр обертовий
015	Токарна Точити поверхні 5,6 припуском під шліфування; 4 - одноразово; підрізати торець 11; точити фаски	Токарний с ЧПУ 16К20Ф3	Патрон повідковий 7108-0025, центр обертовий
020	Зубофрезерна Фрезерувати зуби на поверхні 3	Зубофрезерний напівавтомат 53А20	Патрон повідковий 7108-0025, центр обертовий
025	Шліцефрезерна Фрезерувати шліці на поверхні 5	Шліцефрезерний напівавтомат 5350	Патрон повідковий 7108-0025, центр обертовий
035	Круглошліфувальна Шліфувати поверхні 1, 5, 6 остаточно	Круглошліфувальний 3М151Ф2	Патрон повідковий 7108-0025, центр обертовий

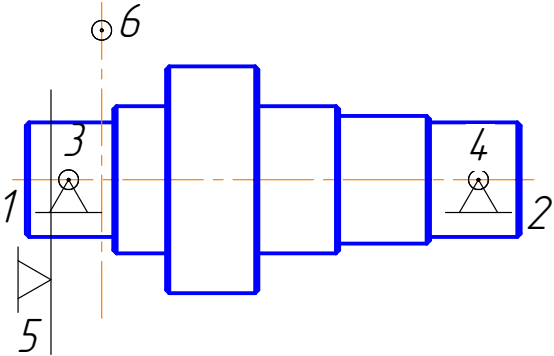
Схема базування наведена в табл. 1.9.

Таблиця 1.9 - Схема базування.

Найменування операцій	Теоретична схема базування
005 Фрезерно-центрувальна У призматичних лещатах.	



## Продовження таблиці 1.9

010, 015, Токарна, 020 Зубофрезерна, 025 Шліцефрезерна, 030 Круглошліфувальна  У центрах з повідцем	
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------

## 1.8 Вибір обладнання і ріжучого інструменту по операціям

Для обробки деталі "Вал-шестерня» застосовується наступне металорізальне обладнання:

Технічні характеристики фрезерно-центрувального напівавтомату моделі МР-71М наведені в табл. 1.10.

Таблиця 1.10 - Технічні характеристики напівавтомату моделі МР-71М

Діаметр оброблюваної заготовки, мм	25-125
Довжина оброблюваної заготовки, мм	200-500
Число швидкостей шпинделя фрези	6
Частота обертання шпинделя фрези, об/хв	125-712
Робочі подачі шпинделя фрези, мм/хв	20-400
Число швидкостей свердильного шпинделя об/хв	6
Частота обертання свердильного шпинделя, об/хв	238-1125
Робочі подачі свердильної головки, мм/хв	20-300
Потужність електродвигунів, кВт:	
фрезерної головки	7,5
свердильні головки	2,2
Габарити, мм	3140×1630×1740

Технічні характеристики токарно-гвинторізного верстату з ЧПУ моделі 16К20Ф3 наведені в табл. 1.11.

Таблиця 1.11 - Технічні характеристики верстату моделі 16К20Ф3.

Діаметр оброблюваної заготовки, мм, не більше:	
над станиною	320
над супортом	200
Довжина встановлюється в центрах деталі, мм, не більше	900
Частота обертання шпинделя, об/хв	20-2500
Швидкість робочої подачі, мм/об, не більше:	
поздовжньої	2000
поперечної	1000
Кількість керованих координат	2
Кількість позицій інструментальної головки	8
Потужність електродвигуна приводу головного руху, кВт	11
Габарити, мм	3360 × 1710×1750

Технічні характеристики зубофрезерного напівавтомату моделі 53А20 наведені в табл. 1.12.

Таблиця 1.12 - Технічні характеристики напівавтомату моделі 53А20

Найбільший діаметр оброблюваної заготовки, мм	200
Найбільший розмір нарізаються коліс:	
модуль, мм	6
довжина зуба, мм	180
кут нахилу°	±60
Чистота обертання шпинделя інструменту, об/хв	75-500
Подача заготовки:	
вертикальна, мм/хв	0,45-120
радіальна, мм/об	0,1-1,6
Потужність електродвигуна приводу головного руху, кВт	7,5
Габарити, мм	3150×1815×2300

Технічні характеристики шліцефрезерного напівавтомату моделі 5350 наведені в табл. 1.13.

Таблиця 1.13 - Технічні характеристики напівавтомату моделі 5350.

Найбільші розміри оброблюваної заготовки, мм:	
діаметр	150
довжина	6756
Частота обертання шпинделя, об/хв	80 - 250
Подача шпинделя, мм/об	0,63-5
Потужність електродвигуна приводу головного руху, кВт	6,5
Габарити, мм	2345×1550×1650

Технічні характеристики круглошліфувального верстату моделі 3М151Ф2 наведені в табл. 1.14.

Таблиця 1.14 - Технічні характеристики верстату моделі 3М151Ф2.

Найбільші розміри встановлюваної заготовки, мм	
діаметр × довжина	200×700
Рекомендований діаметр шліфування, мм	20-180
Частота обертання шпинделя заготовки, об/хв (регулювання безступінчасте)	50-500
Найбільші розміри шліфувального круга, мм D × Н	600×80
Частота обертання шпинделя шліфувального круга, об/хв	1590
Швидкість переміщення столу, м/хв	0,05-5
Швидкість виразний подачі, мм / хв	0,02-1,2
Потужність електродвигуна приводу головного руху, кВт	15,2
Габарити, мм	5400×2400×2170

Вибір різального інструменту наведений в табл. 1.15.

Таблиця 1.15 - Вибір різального інструменту

№ операції	Різучий інструмент	Характеристика
005	1. Фреза торцюва насадна зі вставними ножами, оснащеними пластинами з твердого сплаву по ГОСТ 24359-80 2. Свердло центрувальне (комбіноване) по ГОСТ 14952-75	D = 100мм; h = 50 мм; d(H7) = 32 мм; число зубів дорівнює 8.  D = 6 мм.

Продовження таблиці 1.15

010	1. Різець прохідний правий Т15К6, $\varphi = 90^{0+2^0}$ по ГОСТ 23075-75. 2. Різець підрізний Т15К6 ГОСТ 18884-73	$B = 18$ мм; $B_1 = 20$ мм; $l = 22$ мм; $h = 80$ мм.
015	1. Різець прохідний правий Т15К6, $\varphi = 90^0$ по ГОСТ 23075-78. 2. Різець прохідний лівий Т15К6, $\varphi = 90^0$ по ГОСТ 23075-78.	$B = 16$ мм; $h = 100$ мм; $f = 18$ мм; $P = 28$ мм; $l = 12$ мм. $B = 15$ мм; $h = 75$ мм; $f = 18$ мм; $P = 18$ мм.
020	Фреза черв'ячна модульна по ГОСТ 9324-80	$D(e8) = 140$ мм; $h = 101$ мм;
025	Фреза черв'ячна шліцьова по ГОСТ 8027-86	$D(e8) = 120$ мм; $h = 86$ мм;
030	Шліфувальний круг ПП 175×60×1102A28C135 по ГОСТ 16168-80	ПП - прямий профіль; $D \times d \times H$ ; нормальний електрокорунд, зернистість 28%, середня твердість С1, швидкість 35 м/с

### 1.9 Вибір варіанту технологічного маршруту по мінімуму поведених витрат

Перш ніж прийняти рішення про методи і послідовності обробки окремих поверхонь деталі і скласти технологічний процес її виготовлення необхідно визначити собівартість обробки за окремими варіантами і вибрати найбільш раціональний з них для даних умов виробництва. Критерієм даних умов виробництва, критерієм оптимальності є мінімум приведених витрат на одиницю продукції.

Розрахунок вибору варіанта технологічного маршруту по мінімуму приведених витрат.

Часові наведені витрати:

$$S_{пз} = S_з + S_{чз} + E_H \cdot (K_C + K_з), \quad (1.32)$$

де  $S_{пз}$  – основна і додаткова заробітна плата з нарахуваннями, грн/год;

$S_{чз}$  – часові затрати на експлуатацію робочого місця, грн/год;

$E_n$  – нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень ( $E_n = 0,15$ );

$K_c, K_z$  – питомі годинні капітальні вкладення відповідно в верстат і будівлі, грн/год.

Часові затрати на експлуатацію робочого місця, грн/год:

$$S_{чз} = S_{чз}^{бп} \cdot R_m, \quad (1.33)$$

де  $S_{чз}^{бп}$  – годинні практичні витрати на базовому робочому місці, (приймаємо 3,63 грн/год - для серійного виробництва);

$R_m$  - коефіцієнт, який показує у скільки раз витрати пов'язані з роботою даного верстата, більше, ніж аналогічні витрати пов'язані з роботою базового верстат.

Для 16K20:

$$R_m = 1,7;$$

$$S_{чз} = 3,63 \cdot 1,7 = 6,171 \text{ грн/год.}$$

Для 16K20Ф3:

$$R_m = 10;$$

$$S_{чз} = 3,63 \cdot 10 = 36,3 \text{ грн/год.}$$

Дійсний фонд часу роботи обладнання, год:

$$F_d = (D_p \cdot T_{сут} - D_{рс} \cdot T_{сокp}) \cdot \left(1 - \frac{P_{рем}}{100}\right), \quad (1.34)$$

де  $D_p$  – число робочих днів в планованому періоді;

$T_{сут}$  – число робочих годин на добу;

$P_{рем}$  – час простою обладнання в плановому ремонті, виражене в % від номінального фонду.

Для 16K20:

$$F_d = (251 \cdot 16 - 8 \cdot 2) \cdot \left(1 - \frac{2}{100}\right) = 3920 \text{ год.}$$

Для 16K20Ф3:

$$F_d = (251 \cdot 16 - 8 \cdot 2) \cdot \left(1 - \frac{5}{100}\right) = 3800 \text{ год.}$$

Основна та додаткова заробітна плата з нарахуваннями та урахуванням багатостатного обслуговування, грн/год:

$$S_3 = \varepsilon \cdot S_{m\phi} \cdot R \cdot y, \quad (1.35)$$

де  $\varepsilon$  – коефіцієнт до годинної тарифної ставки, що враховує премію верстатника – 30 %, додаткову заробітну плату – 11 %, відрахування на соціальне страхування – 14 %, північний коефіцієнт = 1,9. Разом:

$$\varepsilon = 1,3 \cdot 1,11 \cdot 1,4 \cdot 1,9 = 3,83;$$

$S_{m\phi}$  – годинна тарифна ставка верстатника-відрядника відповідного розряду, грн/год:

Для 16K20:

$$S_{m\phi} = 3,9 \text{ грн/год.}$$

Для 16K20Ф3:

$$S_{m\phi} = 3,5 \text{ грн/год.}$$

$R$  – коефіцієнт, що враховує зарплату наладчика (налагодження в серійному виробництві ведеться без участі наладчика самим робітникам, значить коефіцієнт приймаємо 1);

$y$  – коефіцієнт штучного часу, що враховує оплату праці робітника при багатостатному обслуговуванні, при кількості обслуговуваних верстатів  $M = 1$ , коефіцієнт  $y = 1$ .

Для 16K20:

$$S_3 = 3,83 \cdot 3,9 \cdot 1 \cdot 1 = 14,93 \text{ грн/год.}$$

Для 16K20Ф3:

$$S_3 = 3,83 \cdot 3,5 \cdot 1 \cdot 1 = 13,40 \text{ грн/год.}$$

Капітальні вкладення в верстат, грн /год:

$$K_c = 100 \cdot \frac{Ц}{F_e \cdot \eta_z}, \quad (1.36)$$

де  $F_e$  – Ефективний річний фонд часу роботи верстата, год;

$\eta_z$  – коефіцієнт завантаження верстата (в серійному виробництві  $\eta_z = 0,8$ );

$Ц$  – балансова вартість верстата, приймаємо як  $\Sigma$  оптової ціни, витрат на транспортування, монтаж, складових 10-15% оптової ціни верстата.

Для 16К20:

$$Ц = 40500 + 0,15 \cdot 40500 = 46575 \text{ грн.}$$

Для 16К20Ф3:

$$Ц = 268000 + 0,15 \cdot 268000 = 308200 \text{ грн.}$$

Підставляємо значення в формулу (1.36) і отримуємо:

Для 16К20:

$$K_c = 100 \cdot \frac{46575}{3920 \cdot 0,8} = 1485,17 \text{ грн/год.}$$

Для 16К20Ф3:

$$K_c = 100 \cdot \frac{308200}{3800 \cdot 0,8} = 10138,15 \text{ грн/год.}$$

Капітальні вкладення в будівлі, грн /год:

$$K_z = 100 \cdot Ц_{пл.зд} \cdot \frac{A}{F_e \cdot \eta_z}, \quad (1.37)$$

де  $Ц_{пл.зд}$  – вартість  $1\text{м}^2$  площі механічного цеху грн, (приймаємо 1250 грн - для верстатів нормальної точності по);

$\eta_z$  – коефіцієнт завантаження верстата (в серійному виробництві  $\eta_z = 0,8$ );

$A$  – виробнича площа, яку займає верстатом з урахуванням проходів,  $\text{м}^2$ .

$$A = a \cdot Ra,$$

де  $a$  – площа верстата в плані:

Для 16К20:

$$a = 2,795 \cdot 1,19 = 3,32605 \text{ м}^2.$$

Для 16К20Ф3:

$$a = 3,36 \cdot 1,71 = 5,7456 \text{ м}^2.$$

Якщо  $2 \leq a \leq 4 \text{ м}^2$ , то  $R=3,5$ ;

Якщо  $4 \leq a \leq 6 \text{ м}^2$ , то  $R = 3$ .

Для 16К20:

$$A = 3,32 \cdot 3,5 = 11,64 \text{ м}^2.$$

Для 16К20Ф3:

$$A = 5,74 \cdot 3 = 17,23 \text{ м}^2.$$

Підставляємо значення в формулу (1.37) і отримуємо:

Для 16К20:

$$K_3 = 100 \cdot 1250 \cdot \frac{11,64}{3920 \cdot 0,8} = 463,96 \text{ грн/год.}$$

Для 16К20Ф3:

$$K_3 = 100 \cdot 1250 \cdot \frac{17,23}{3800 \cdot 0,8} = 708,47 \text{ грн/год.}$$

Технологічна собівартість операцій механічної обробки, грн:

$$C_0 = S_{пз} \cdot \frac{T_{шп(ш-к)}}{60 \cdot R_B}, \quad (1.38)$$

де  $T_{шп(ш-к)}$  – штучний (штучно-калькуляційний) час на токарних операцію приймаємо:

Для 16К20:

$$T_{шп(ш-к)} = 16,04 \text{ хв.}$$

Для 16К20Ф3:

$$T_{шп(ш-к)} = 3,87 \text{ хв.}$$

$R_B$  – коефіцієнт виконання норм приймаємо рівним 1,3;



Знаходимо годинні наведені витрати підставляючи значення в формулу (1.32):

Для 16К20:

$$S_{\text{пз}} = 14,93 + 6,171 + 0,15 \cdot (1485,17 + 463,96) = 313,47 \text{ грн/год.}$$

Для 16К20Ф3:

$$S_{\text{пз}} = 13,40 + 36,3 + 0,15 \cdot (10138,15 + 708,47) = 1676,69 \text{ грн/год.}$$

Підставляємо всі значення в формулу (1.38) і отримуємо:

Для 16К20:

$$C_o = 313,47 \cdot \frac{16,04}{60 \cdot 1,3} = 64,46 \text{ грн.}$$

Для 16К20Ф3:

$$C_o = 1676,69 \cdot \frac{11,173}{60 \cdot 1,3} = 240,17 \text{ грн.}$$

Наведена річна економія:

$$E_{\Gamma} = (C_o'' - C_o') \cdot N_{\Gamma}, \quad (1.39)$$

де  $C_o'', C_o'$  – технологічна собівартість порівняльних операцій, грн;

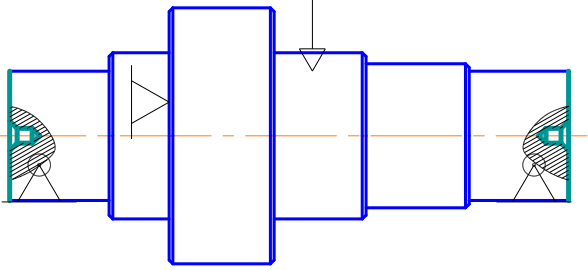
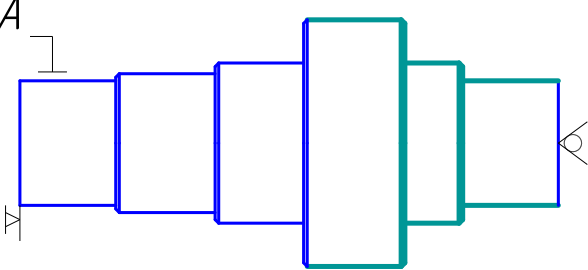
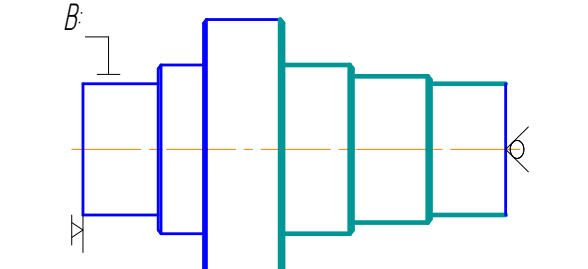
$N_{\Gamma}$  – річна програма випуску деталей приймаємо 9800 штук;

$$E_{\Gamma} = (240,17 - 64,46) \cdot 9800 = 1721958 \text{ грн.}$$

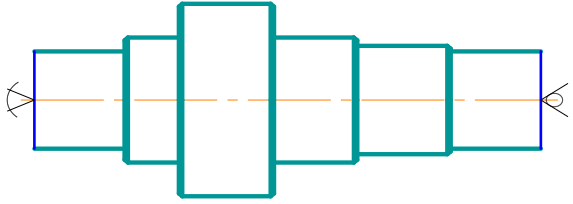
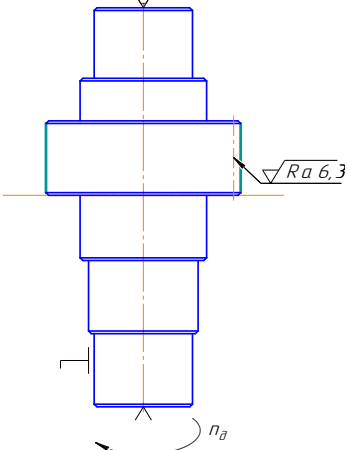
### 1.10 Операційний технологічний процес

Операційний технологічний процес наведений в табл. 1.16.

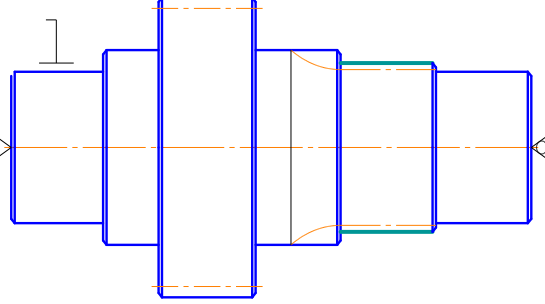
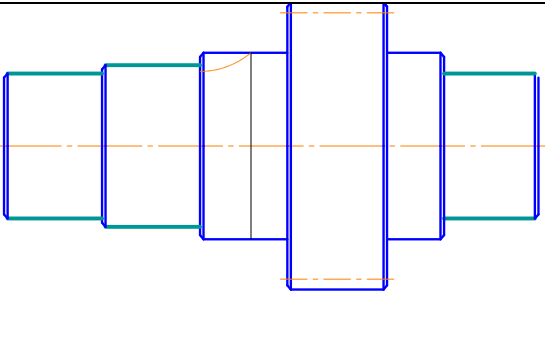
Таблиця 1.16 - Операційний технологічний процес

№ операції	Найменування і зміст операцій	Устаткування, ріжучий інструмент	Схема обробки
005	<p>Фрезерно-центрувальна:</p> <p>1.Фрезерувати торці 7 одночасно, витримуючи 300 мм.</p> <p>2.Центрувати поверхні 7 одночасно на глибину 12 мм, Ø6,3 мм.</p>	<p>Верстат МР71М</p> <p>Фреза торцьова Р6М5, ГОСТ 24359-80</p> <p>Свердло центрувальне (комбіноване) Р6М5 ГОСТ 14952-75</p>	
010	<p>Токарна чорнова:</p> <p>Установ А:</p> <p>1.Точити поверхню 1 Ø71-0,53 мм на l = 53-0,14 мм.</p> <p>2. Точити поверхню 2 Ø91-0,53 мм на l = 32-0,14 мм</p> <p>3. Точити поверхню 3 Ø135-0,53 мм на l = 56-0,12 мм.</p> <p>4. Точити торець 12 на l = 20 мм.</p> <p>5. Точити торець 8 на l = 44 мм.</p>	<p>16К20Ф3</p> <p>Різець прохідний правий Т15К6 φ=90°.</p> <p>Різець підрізний Т15К6</p>	
	<p>Установ Б:</p> <p>8. Точити поверхню 6 Ø71-0,53 мм на l = 55-0,1 мм.</p> <p>9. Точити поверхню 5 Ø79-0,53 мм на l = 55-0,12 мм</p> <p>11.Точити торець 10 на l=8 мм.</p> <p>12. Точити торець 9 на l=12 мм.</p> <p>13. Точити торець 11 на l=44 мм.</p>	<p>Різець прохідний правий Т15К6 φ=90°.</p>	

## Продовження таблиці 1.16

015	<p>Токарна чистова:</p> <p>1. Точити поверхню 1  <math>\varnothing 70_{+0,002}^{+0,021}</math> мм на <math>l = 53</math>.  <math>0,14</math> мм.</p> <p>2. Точити поверхню 2  <math>\varnothing 90_{+0,002}^{+0,021}</math> мм на <math>l = 32</math>.  <math>0,14</math> мм</p> <p>3. Точити поверхню 3  <math>\varnothing 135_{-0,53}</math> мм на <math>l = 56</math>.  <math>0,12</math> мм.</p> <p>4. Точити торець 12  на <math>l = 20</math> мм.</p> <p>5. Точити торець 8  на <math>l = 44</math> мм.</p> <p>Установ Б:</p> <p>8. Точити поверхню 6  <math>\varnothing 71_{-0,53}</math> мм на <math>l = 55_{-0,1}</math>  мм.</p> <p>9. Точити поверхню  поверхность 5 <math>\varnothing 79_{-0,53}</math>  мм на <math>l = 55_{-0,12}</math> мм</p> <p>10. Точити поверхню  4 <math>\varnothing 91_{-0,53}</math> мм на <math>l = 49</math>.  <math>0,12</math> мм</p> <p>11. Точити торець 10  на <math>l = 8</math> мм.</p> <p>12. Точити торець 9  на <math>l = 12</math> мм.</p> <p>13. Точити торець 11  на <math>l = 44</math> мм на <math>l = 3</math> мм.</p>	<p>16К20Ф3</p> <p>Різець  прохідний  правий Т15К6  <math>\varphi = 95^\circ</math></p> <p>Різець прохідний  лівий Т15К6  <math>\varphi = 95</math></p>	
020	<p>Зубофрезерна:</p> <p>1. Нарізати зуби  поверхню 3,  витримуючи розмір <math>\varnothing</math>  <math>134,23_{-0,1}</math> мм.</p>	<p>654</p> <p>Фреза <math>m5 \times 140</math>  АА-1  ГОСТ 9324-80</p>	

Продовження таблиці 1.16

025	Шліцефрезерна: 1.Нарізати шліці поверхню 5 витримуючи $\varnothing 78_{-0,019}$	Фреза спеціальна для обробки шліців	
030	Шліфувальна: 1.Шліфувати поверхню 1 $\varnothing 70_{+0,002}$ мм. 2.Шліфувати поверхню 5 $\varnothing 78_{+0,02}$ мм. 3.Шліфувати попередню поверхню 6 $\varnothing 70_{+0,002}$ мм.	ППІ 300×40×76 14А 40 СТ 16К	

### 1.11 Обґрунтування вибору технологічних баз і призначення операційних розмірів

На першій операції слід обробити поверхні, які могли б служити базою для подальших операцій. В якості баз для першої обробки вибираємо поверхні 1 і 6, так як вони з найменшими припусками, мають значну протяжність, є відносно рівними і забезпечують зручну установку заготовки в пристосуванні. Тим самим при подальшій обробці виключається можливість появи «чорнот» на цих поверхнях. При цьому легко витримується паралельність поверхонь 7 щодо поверхонь 1 і 5 після їх обробки до необхідних розмірів. Оброблені поверхні 1 і 6 на наступних операціях будуть одночасно служити вимірювальними і технологічними базами. До того ж вони є основними конструкторськими базами. Таким чином, готуючи в якості баз для подальших операцій поверхні 1 і 6, ми забезпечуємо можливість дотримання принципів суміщення і сталості баз, що підвищує точність обробки деталі.

Заготовка валу наведена на рис. 1.4.

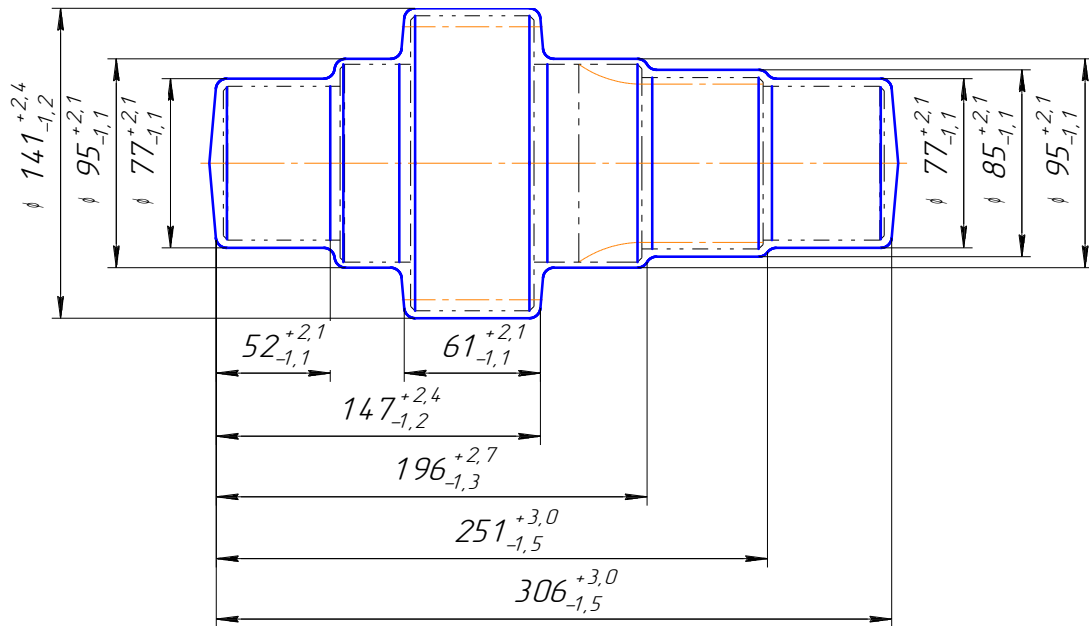


Рисунок 1.4 - Заготовка валу

### 1.12 Розрахунок діаметральних і лінійних операційних розмірів

*Розрахунок діаметральних операційних розмірів[3]*

Аналітичний розрахунок проміжних припусків та граничних розмірів зробимо для поверхні 1 або 6.

$$2Z_{imin} = 2[(Rz + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_i^2}], \quad (1.40)$$

де  $Rz$  – висота нерівностей профілю;

$h$  – глибина шару;

$\Delta_{\Sigma}$  - сумарне відхилення розташування поверхні;

$\varepsilon$  – похибка установки.

Кількість необхідних переходів визначаємо за формулою:

$$K_{пер} = 2,174 \cdot \lg K_y, \quad (1.41)$$

де  $K_{уж}$  – коефіцієнт уточнення:

$$K_{уж} = \delta_3 / \delta_d, \quad (1.42)$$

де  $\delta_3$  – допуск на виготовлення заготовки;

$\delta_d$  – допуск на виготовлення деталі.

$$K_{уж} = 3,200 / 0,019 = 168,4;$$

$$K_{пер} = 2,174 \cdot \lg 168,4 = 4,84.$$

Приймаємо 4 переходи.

Припуски і бокові розміри на діаметр 70к6 наведені у табл. 1.17.

Таблиця 1.17 - Припуски і бокові розміри на діаметр 70к6.

Технологічний маршрут обробки	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск $2Z_{\min}$ , мкм	розрахунковий розмір $D_{\min}$ , мм	Допуск на виготовлення $\delta$ , мкм	Прийняті розміри по переходах, мм		Граничні припуски, мкм	
	Rz	h	$\Delta_{\Sigma}$	$\varepsilon$				$D_{\min}$	$D_{\max}$	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
1. Заготовка	20 0	250	838	-	-	73,042	3200	73,300	76,500	-	-
2. Точіння чорнове	50	50	50	0	$2 \times 1288$	70,466	300	70,500	70,800	2800	5700
3. Точіння чистове	25	25	2	0	$2 \times 150$	70,166	190	70,170	70,360	330	440
4. Шліфування чорнове	10	20	-	0	$2 \times 52$	70,062	46	70,064	70,110	106	250
5. Шліфування чистове	-	-	-	0	$2 \times 30$	70,002	19	70,002	70,021	62	89

Похибку зацентровки визначаємо за формулою:

$$\Delta_{\Sigma 1} = 0,25 \cdot \sqrt{\Delta_{ц}^2 + 1}, \quad (1.43)$$

де  $\Delta_{ц}$  – допуск базових поверхонь.

$$\Delta_{\Sigma 1} = 0,25 \sqrt{3,2^2 + 1} = 0,838 \text{ мм} = 838 \text{ мкм.}$$

Залишкова похибка після:

- чорнового точіння  $\Delta_{\Sigma 2} = \Delta_{\Sigma 1} \cdot K_y = 838 \cdot 0,06 = 50$  мкм;

- чистового точіння  $\Delta_{\Sigma 3} = \Delta_{\Sigma 2} \cdot K_y = 50 \cdot 0,04 = 2$  мкм.

Похибка установки визначається за формулою:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_6 + \varepsilon_3},$$

де  $\varepsilon_6$  – похибка базування,  $\varepsilon_{62} = 0$  мкм;

$\varepsilon_3$  – похибка закріплення,  $\varepsilon_{32} = 0$  мкм (установка в центрах).

$$\varepsilon = 0.$$

Розрахунковий припуск:

$$Z_{min5} = 2 \cdot [10 + 20 + 0] = 2 \times 30 \text{ мкм};$$

$$Z_{min4} = 2 \cdot [25 + 25 + 2] = 2 \times 52 \text{ мкм};$$

$$Z_{min3} = 2 \cdot [50 + 50 + \sqrt{50^2 + 0}] = 2 \times 150 \text{ мкм};$$

$$Z_{min2} = 2 \cdot [200 + 250 + \sqrt{838^2 + 0^2}] = 2 \times 1288 \text{ мкм}.$$

Розрахунковий розмір:

$$D_{p4} = D_{p5} + Z_{min5} = 70,002 + 2 \times 0,030 = 70,062 \text{ мм}$$

$$D_{p3} = D_{p4} + Z_{min4} = 70,062 + 2 \times 0,052 = 70,166 \text{ мм}$$

$$D_{p2} = D_{p3} + Z_{min3} = 70,166 + 2 \times 0,150 = 70,466 \text{ мм}$$

$$D_{p1} = D_{p2} + Z_{min2} = 70,466 + 2 \times 1,288 = 73,042 \text{ мм}$$

Найбільші граничні розміри:

$$D_{max1} = D_{min1} - \delta_1 = 73,300 + 3,200 = 76,500 \text{ мм}$$

$$D_{max2} = D_{min2} - \delta_2 = 70,500 + 0,300 = 70,800 \text{ мм}$$

$$D_{max3} = D_{min3} - \delta_3 = 70,170 + 0,190 = 70,360 \text{ мм}$$

$$D_{max4} = D_{min4} - \delta_4 = 70,064 + 0,046 = 70,110 \text{ мм}$$

Граничні значення припусків:

$$Z_{max2} = D_{max1} - D_{max2} = 76,500 - 70,800 = 5,700 \text{ мм} = 5700 \text{ мкм}$$

$$Z_{max3} = D_{max2} - D_{max3} = 70,800 - 70,360 = 0,440 \text{ мм} = 440 \text{ мкм}$$

$$Z_{max4} = D_{max3} - D_{max4} = 70,360 - 70,110 = 0,250 \text{ мм} = 250 \text{ мкм}$$

$$Z_{max5} = D_{max4} - D_{max5} = 70,110 - 70,021 = 0,089 \text{ мм} = 89 \text{ мкм}$$

$$Z_{min2} = D_{min1} - D_{min2} = 73,300 - 70,500 = 2,800 \text{ мм} = 2800 \text{ мкм}$$





## Продовження таблиці 1.19

Поверхні 2, 4 (Ø90h14).							
1. Заготовка	-	91,630	3200	91,800	95,000	-	-
2. Точіння одноразове	2×1250	89,130	870	89,130	90,000	2670	5000
Поверхня 5 (Ø78h6).							
1. Заготовка	-	82,291	3200	82,300	85,500	-	-
2. Точіння чорнове	2×1900	78,491	300	78,500	78,800	3800	6700
3. Точіння чистове	2×175	78,141	190	78,160	78,350	340	450
4. Шліфування чорнове	2×50	78,041	46	78,044	78,090	116	260
5. Шліфування чистове	2×30	77,981	19	77,981	78,000	63	90
Поверхня 3 (Ø134,23h9).							
1. Заготовка	-	139,030	3600	135,800	139,400	-	-
2. Точіння чорнове	2×2250	134,530	250	134,550	134,800	1250	4600
3. Точіння чистове	2×200	134,130	100	134,130	134,230	420	570
Поверхня 73 (300h14).							
1. Заготовка	-	302,500	4500	302,500	307,000	-	-
2. Фрезерування	2×1900	298,700	1300	298,700	300,000	3800	7000

Розрахунок координат опорних точок наведений на рис. 1.6.

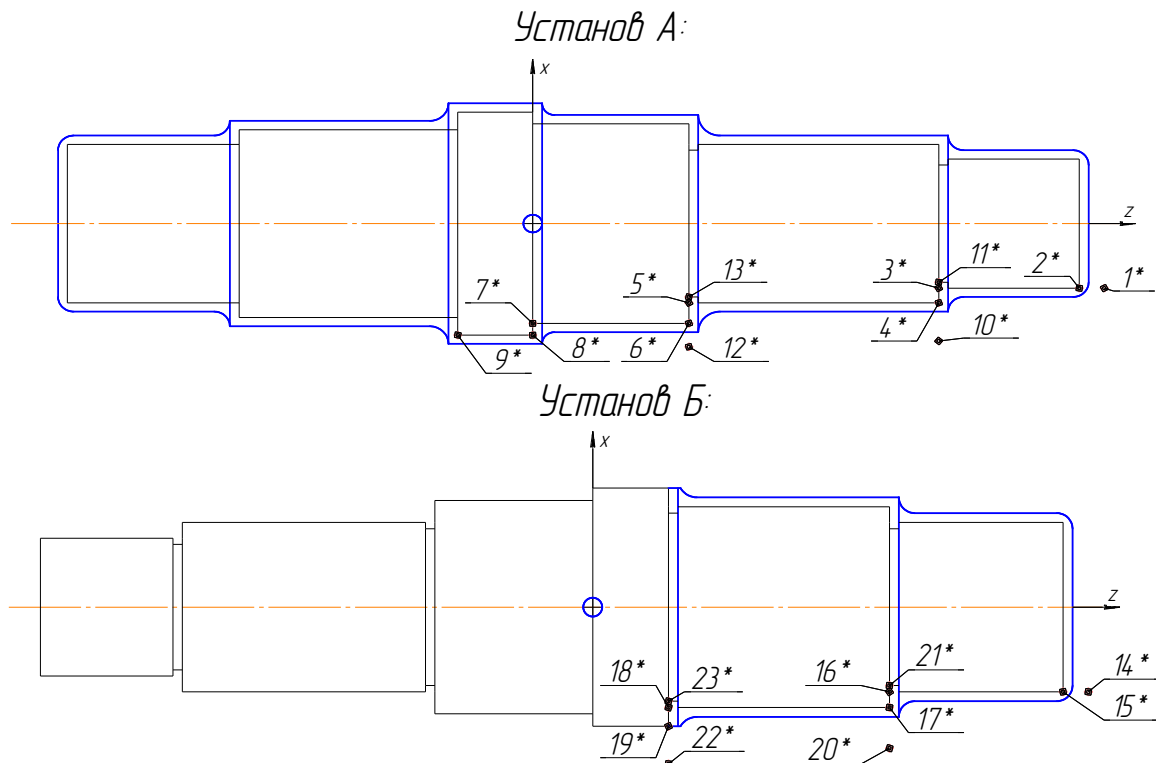


Рисунок 1.6 - Координати опорних точок.

### 1.13 Розрахунок режимів різання і основного технологічного часу

Розрахунок режимів різання на операцію 030 круглошліфувальну зробимо аналітичним методом[4].

а) Шліфувати поверхню 5 начорно.

Елементи режимів різання:

- припуск на обробку  $2\Pi = 0,250$  мм;
- довжина обробки  $L = 55$  мм;
- припуск на сторону  $\Pi = 0,125$  мм;
- довжина робочого ходу столу  $L_p = 55$  мм;
- швидкість шліфувального круга:

$$V_{кр} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000 \cdot 60} = \frac{3,14 \cdot 500 \cdot 1590}{1000 \cdot 60} = 41,605 \text{ м/хв.} \quad (1.44)$$

Швидкість обертання заготовки  $V_3 = 40$  м/хв.

Частота обертання заготовки:

$$n = \frac{1000 \cdot V_3}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 40}{3,14 \cdot 78,09} = 163 \text{ об/хв.} \quad (1.45)$$

Частота обертання, прийнята за паспортом верстата  $n_d = 160$  об/хв.

Фактична швидкість обертання заготовки:

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n_d}{1000} = \frac{3,14 \cdot 78,09 \cdot 160}{1000} = 39,25 \text{ м/хв.} \quad (1.46)$$

Поздовжня подача на оборот  $S_o = 18,9$  мм/об.

Поздовжня хвилинна подача:

$$S_M = S_o \cdot n_d = 18,9 \cdot 160 = 3024 \text{ мм/хв.} \quad (1.47)$$

За паспортом верстата  $S_M = 3000$  мм/хв.

Уточнюємо подачу на оборот за прийнятою хвилинною:

$$S_o = \frac{S_M}{n_d} = \frac{3000}{160} = 18,75 \text{ мм/об.} \quad (1.48)$$

Поперечна подача  $S_{tx} = 0,005$  мм/хід.

За паспортом верстата  $S_{tx} = 0,005$  мм/хід.

Потужність різання:

$$N = C_N \cdot V^r \cdot t^x \cdot S_o^y \cdot d^q, \quad (1.49)$$

де  $C_N$  – коефіцієнт;

$r, x, y, q$  – показники ступеня,

$$N = 1,3 \cdot 39,25^{0,75} \cdot 0,125^{0,85} \cdot 0,03^{0,8} \cdot 18,75^{0,7} \cdot 78,09^0 = 1,64 \text{ кВт.}$$

Перевірка потужності різання:

$$N_{шп} = N_d \cdot \eta = 15,2 \cdot 0,8 = 12,1 \text{ кВт.} \quad (1.50)$$

$$N < N_{шп}.$$

Машинний час:

$$T_M = \frac{L_p \cdot S_{tx}}{S_M} = \frac{55 \cdot 0,125}{3000 \cdot 0,005} = 0,46 \text{ хв.} \quad (1.51)$$

б) Шліфувати поверхню 5 начисто.

Елементи режимів різання:

- припуск на обробку  $2\Pi = 0,090$  мм;
- довжина обробки  $L = 55$  мм;
- припуск на сторону  $\Pi = 0,045$  мм;
- довжина робочого ходу столу  $L_p = 55$  мм;
- швидкість шліфувального круга:

$$V_{кр} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000 \cdot 60} = \frac{3,14 \cdot 500 \cdot 1590}{1000 \cdot 60} = 41,605 \text{ м/хв.} \quad (1.52)$$

Швидкість обертання заготовки  $V_3 = 30$  м/хв.

Частота обертання заготовки:

$$n = \frac{1000 \cdot V_3}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 30}{3,14 \cdot 78} = 122,5 \text{ об/хв.} \quad (1.53)$$

Частота обертання, прийнята за паспортом верстата  $n_d = 120$  об/хв.

Фактична швидкість обертання заготовки:

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n_d}{1000} = \frac{3,14 \cdot 78 \cdot 120}{1000} = 29,39 \text{ м/хв.} \quad (1.54)$$

Поздовжня подача на оборот  $S_o = 15$  мм/об.

Поздовжня хвилинна подача:

$$S_x = S_o \cdot n_d = 15 \cdot 120 = 1800 \text{ мм/хв.} \quad (1.55)$$

За паспортом верстата  $S_x = 1800$  мм/хв.

Уточнюємо подачу на оборот за прийнятою хвилинною:

$$S_o = \frac{S_x}{n_d} = \frac{1800}{120} = 15 \text{ мм/об.} \quad (1.56)$$

Поперечна подача  $S_{tx} = 0,0025$  мм/хід.

За паспортом верстата  $S_{tx} = 0,0025$  мм/хід.

Потужність різання:

$$N = C_N \cdot V^r \cdot t^x \cdot S_o^y \cdot d^q, \quad (1.57)$$

де  $C_N$  – коефіцієнт;

$r, x, y, q$  – показники ступеня.

$$N = 1,3 \cdot 29,239^{0,75} \cdot 0,045^{0,85} \cdot 0,045^{0,8} \cdot 15^{0,7} \cdot 78^0 = 0,67 \text{ кВт.}$$

Перевірка потужності різання:

$$N_{\text{шп}} = N_d \cdot \eta = 15,2 \cdot 0,8 = 12,1 \text{ кВт.} \quad (1.58)$$

$$N < N_{\text{шп.}}$$

Машинний час:

$$T_M = \frac{L_p \cdot s_{\text{Tx}}}{S_M \cdot S_{\text{Tx}}} = \frac{55 \cdot 0,045}{1800 \cdot 0,0025} = 0,55 \text{ хв.} \quad (1.59)$$

в) Шліфувати поверхню 1 і 6 начорно.

Елементи режимів різання:

- припуск на обробку  $2\Pi = 0,250 \text{ мм}$ ;
- довжина обробки  $L = 55 \text{ мм}$ ;
- припуск на сторону  $\Pi = 0,125 \text{ мм}$ ;
- довжина робочого ходу столу  $L_p = 55 \text{ мм}$ .

Швидкість шліфувального круга:

$$V_{\text{кр}} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000 \cdot 60} = \frac{3,14 \cdot 500 \cdot 1590}{1000 \cdot 60} = 41,605 \text{ м/хв.} \quad (1.60)$$

Швидкість обертання заготовки  $V_3 = 40 \text{ м/хв.}$

Частота обертання заготовки:

$$n = \frac{1000 \cdot V_3}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 40}{3,14 \cdot 70,11} = 181,6 \text{ об/хв.} \quad (1.61)$$

Частота обертання, прийнята за паспортом верстата  $n_d = 180 \text{ об/хв.}$

Фактична швидкість обертання заготовки:

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n_d}{1000} = \frac{3,14 \cdot 70,11 \cdot 180}{1000} = 39,64 \text{ м/хв.} \quad (1.62)$$

Поздовжня подача на оборот  $S_o = 18,9$  мм/об.

Поздовжня хвилинна подача:

$$S_x = S_o \cdot n_d = 18,9 \cdot 180 = 3402 \text{ мм/хв.} \quad (1.63)$$

За паспортом верстата  $S_x = 3000$  мм/хв.

Уточнюємо подачу на оборот за прийнятою хвилинною:

$$S_o = \frac{S_x}{n_d} = \frac{3000}{180} = 16,7 \text{ мм/об.} \quad (1.64)$$

Поперечна подача  $S_{tx} = 0,005$  мм/хід.

За паспортом верстата  $S_{tx} = 0,005$  мм/хід.

Потужність різання:

$$N = C_N \cdot V^r \cdot t^x \cdot S_o^y \cdot d^q, \quad (1.65)$$

де  $C_N$  – коефіцієнт;

$r, x, y, q$  – показники ступеня.

$$N = 1,3 \cdot 39,64^{0,75} \cdot 0,125^{0,85} \cdot 0,03^{0,8} \cdot 16,7^{0,7} \cdot 70,11^0 = 1,63 \text{ кВт.}$$

Перевірка потужності різання:

$$N_{\text{шп}} = N_d \cdot \eta = 15,2 \cdot 0,8 = 12,1 \text{ кВт.} \quad (1.66)$$

$$N < N_{\text{шп.}}$$

Машинний час:

$$T_M = \frac{L_p}{S_M \cdot S_{tx}} = \frac{55 \cdot 0,125}{3000 \cdot 0,005} = 0,46 \text{ хв.} \quad (1.67)$$

г) Шліфувати поверхню 1 і 6 начисто.

Елементи режимів різання:

- припуск на обробку  $2\Pi = 0,089$  мм;
- довжина обробки  $L = 55$  мм;
- припуск на сторону  $\Pi = 0,044$  5мм;
- довжина робочого ходу столу  $L_p = 55$  мм.

Швидкість шліфувального круга:

$$V_{кр} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000 \cdot 60} = \frac{3,14 \cdot 500 \cdot 1590}{1000 \cdot 60} = 41,605 \text{ м/хв.} \quad (1.68)$$

Швидкість обертання заготовки  $V_3 = 30$  м/хв.

Частота обертання заготовки:

$$n = \frac{1000 \cdot V_3}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 30}{3,14 \cdot 70,021} = 136,4 \text{ об/хв.} \quad (1.69)$$

Частота обертання, прийнята за паспортом верстата  $n_d = 130$  об/хв.

Фактична швидкість обертання заготовки:

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n_d}{1000} = \frac{3,14 \cdot 70,021 \cdot 130}{1000} = 28,6 \text{ м/хв.} \quad (1.70)$$

Поздовжня подача на оборот  $S_o = 15$  мм/об.

Поздовжня хвилинна подача:

$$S_x = S_o \cdot n_d = 15 \cdot 130 = 1950 \text{ мм/хв.} \quad (1.71)$$

За паспортом верстата  $S_x = 1950$  мм/хв.

Уточнюємо подачу на оборот за прийнятою хвилинною:

$$S_o = \frac{S_x}{n_d} = \frac{1950}{130} = 15 \text{ мм/об.} \quad (1.72)$$

Поперечна подача  $S_{tx} = 0,0025$  мм/хід.

За паспортом верстата  $S_{tx} = 0,0025$  мм/хід.

Потужність різання:

$$N = C_N \cdot V^r \cdot t^x \cdot S_o^y \cdot d^q, \quad (1.73)$$

де  $C_N$  – коефіцієнт;

$r, x, y, q$  – показники ступеня,

$$N = 1,3 \cdot 28,6^{0,75} \cdot 0,045^{0,85} \cdot 0,0445^{0,8} \cdot 15^{0,7} \cdot 70,021^0 = 0,70 \text{ кВт.}$$

Перевірка потужності різання:

$$N_{\text{шп}} = N_d \cdot \eta = 15,2 \cdot 0,8 = 12,1 \text{ кВт.} \quad (1.74)$$

$$N < N_{\text{шп.}}$$

Машинний час:

$$T_M = \frac{L_p \cdot S_{tx}}{S_m \cdot S_{tx}} = \frac{55 \cdot 0,0445}{1950 \cdot 0,0025} = 0,50 \text{ хв.} \quad (1.75)$$

Розрахунок режимів різання на операцію 005 фрезерно-центрувальну.

а) Фрезерувати торці 7 в розмір одночасно.

- глибина різання  $t = 3,0$  мм;
- ширина фрезерування  $B = 77$  мм;
- стійкість інструменту  $T = 300$  хв;
- подача рекомендована  $S_{z \text{ рек}} = 0,10 \div 0,15$  мм/зуб.

За паспортом верстата  $S_z = 0,10$  мм/об.

Швидкість різання  $V_{\text{рек}} = V_{\text{таб}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 = 280 \cdot 1,1 \cdot 0,8 \cdot 0,8 = 197$  м/хв.

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V_{\text{рек}}}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 197}{3,14 \cdot 250} = 250 \text{ об/хв.} \quad (1.76)$$



Частота обертання шпинделя за паспортом верстата  $n = 180$  об/хв.

Дійсна швидкість різання:

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 250 \cdot 180}{1000} = 141 \text{ м/хв.} \quad (1.77)$$

Потужність різання:

$$N_{\text{різ}} = E \cdot \frac{V \cdot t \cdot z}{1000} \cdot k = 0,35 \cdot \frac{141 \cdot 3,0 \cdot 24}{1000} \cdot 1,3 = 4,6 \text{ кВт.} \quad (1.78)$$

Потужність на шпинделі верстата:

$$N_{\text{шп}} = \eta \cdot N_{\text{дв}} = 0,8 \cdot 7,5 = 6,0 \text{ кВт.} \quad (1.79)$$

$$N_{\text{різ}} < N_{\text{шп.}}$$

Машинний час:

$$T_M = \frac{l + (l_1 + l_2)}{S_z \cdot z \cdot n} = \frac{77 + 31}{0,1 \cdot 24 \cdot 180} = 0,25 \text{ хв.} \quad (1.80)$$

б) Центрувати торці 7 одночасно.

- глибина різання  $t = 4$  мм;
- стійкість інструменту  $T = 60$  хв;
- подача рекомендована  $S_p = 0,04$  мм/об.
- паспортом верстата  $S_d = 0,04$  мм/об.

Швидкість різання  $V_{\text{таб}} = 21$  м/хв.

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V_{\text{таб}}}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 21}{3,14 \cdot 10} = 668 \text{ об/хв.} \quad (1.81)$$

Частота обертання шпинделя за паспортом верстата  $n = 604$  об/хв.

Дійсна швидкість різання:

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 10 \cdot 604}{1000} = 19 \text{ м/хв.} \quad (1.82)$$

Потужність різання:

$$N_{\text{різ}} = N_{\text{таб}} \cdot k_N \cdot \frac{n}{1000} = 0,35 \cdot 1,0 \cdot \frac{604}{1000} = 0,2 \text{ кВт.} \quad (1.83)$$

Потужність на шпинделі верстата:

$$N_{\text{шп}} = \eta \cdot N_{\text{дв}} = 0,8 \cdot 2,2 = 1,76 \text{ кВт.} \quad (1.84)$$

Так як  $N_{\text{різ}} < N_{\text{шп}}$ , то різання можливо.

Машинний час:

$$T_M = \frac{l+l_1}{n \cdot S_0} = \frac{8,9+2}{604 \cdot 0,04} = 0,45 \text{ хв.} \quad (1.85)$$

Розрахунок режимів різання на операцію 010.

а) Точити поверхню 1 начорно.

- глибина різання  $t = 2,35$  мм;
- стійкість інструменту  $T = 200$  хв;
- подача рекомендована  $S_{\text{рек}} = 0,60$  мм/об.

За паспортом верстата  $S_0 = 0,60$  мм/об.

Швидкість різання  $V_{\text{рек}} = V_{\text{таб}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 = 100 \cdot 0,9 \cdot 0,55 \cdot 1 = 49,5$  м/хв.

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V_{\text{рек}}}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 49,5}{3,14 \cdot 70} = 225 \text{ об/хв.} \quad (1.86)$$

Частота обертання шпинделя за паспортом верстата  $n = 225$  об/хв.

Дійсна швидкість різання:

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 70 \cdot 225}{1000} = 49,5 \text{ м/хв.} \quad (1.87)$$

Потужність різання:

$$N_{\text{різ}} = N_{\text{таб}} \cdot \frac{V}{1000} \cdot k = 5,6 \cdot \frac{49,5}{1000} \cdot 0,7 = 1,9 \text{ кВт.} \quad (1.88)$$

Потужність на шпинделі верстата:

$$N_{\text{шп}} = \eta \cdot N_{\text{дв}} = 0,75 \cdot 11 = 8,25 \text{ кВт.} \quad (1.89)$$

$$N_{\text{різ}} < N_{\text{шп.}}$$

Машинний час:

$$T_m = \frac{l+l_1}{n \cdot S_0} = \frac{53+3}{225 \cdot 0,6} = 0,41 \text{ хв.} \quad (1.90)$$

а) Точити поверхню 2 одноразово.

- глибина різання  $t = 2,5$  мм;

- стійкість інструменту  $T = 200$  хв;

- подача розрахункова  $S_p = 0,60$  мм/об.

За паспортом верстата  $S_0 = 0,60$  мм/об.

Швидкість різання  $V_{\text{рек}} = V_{\text{таб}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 = 100 \cdot 0,9 \cdot 0,55 \cdot 1 = 49,5$  м/хв.

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V_{\text{рек}}}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 49,5}{3,14 \cdot 90} = 175 \text{ об/хв.} \quad (1.91)$$

Частота обертання шпинделя за паспортом верстата  $n = 175$  об/хв.

Дійсна швидкість різання:

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 90 \cdot 175}{1000} = 49,5 \text{ м/хв.} \quad (1.92)$$

Потужність різання:

$$N_{\text{різ}} = N_{\text{таб}} \cdot \frac{V}{1000} \cdot k = 5,6 \cdot \frac{49,5}{1000} \cdot 0,7 = 1,9 \text{ кВт.} \quad (1.93)$$

Потужність на шпинделі верстата:

$$N_{\text{шп}} = \eta \cdot N_{\text{дв}} = 0,75 \cdot 11 = 8,25 \text{ кВт.} \quad (1.94)$$

$$N_{\text{різ}} < N_{\text{шп.}}$$

Машинний час:

$$T_m = \frac{l+l_1}{n \cdot S_0} = \frac{32+3}{175 \cdot 0,6} = 0,33 \text{ хв.} \quad (1.95)$$

в) Підрізати торець 8.

- глибина різання  $t = 2,5$  мм;
- стійкість інструменту  $T = 200$  хв;
- подача рекомендована  $S_{\text{рек}} = 0,30$  мм/об.

За паспортом верстата  $S_0 = 0,30$  мм/об.

Швидкість різання  $V_{\text{рек}} = V_{\text{таб}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 = 100 \cdot 0,9 \cdot 0,55 \cdot 1 = 49,5$  м/хв.

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V_{\text{рек}}}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 49,5}{3,14 \cdot 134,23} = 117 \text{ об/хв.} \quad (1.96)$$

Частота обертання шпинделя за паспортом верстата  $n = 115$  об/хв.

Дійсна швидкість різання:

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 134,23 \cdot 115}{1000} = 48,5 \text{ м/хв.} \quad (1.97)$$

Потужність різання:

$$N_{\text{різ}} = N_{\text{таб}} \cdot \frac{V}{1000} \cdot k = 3,3 \cdot \frac{48,5}{1000} \cdot 0,7 = 1,1 \text{ кВт.} \quad (1.98)$$

Потужність на шпинделі верстата:

$$N_{\text{шп}} = \eta \cdot N_{\text{дв}} = 0,75 \cdot 11 = 8,25 \text{ кВт.} \quad (1.99)$$

$$N_{\text{різ}} < N_{\text{шп.}}$$

Машинний час:

$$T_M = \frac{l+l_2}{n \cdot S_0} = \frac{25,5+3}{115 \cdot 0,3} = 0,83 \text{ хв.} \quad (1.100)$$

г) Точити поверхню 3 начорно.

- глибина різання  $t = 2,3$  мм;
- стійкість інструменту  $T = 200$  хв;
- подача рекомендована  $S_{\text{рек}} = 0,6$  мм/об.

За паспортом верстата  $S_0 = 0,6$  мм/об.

Швидкість різання  $V_{\text{рек}} = V_{\text{таб}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 = 100 \cdot 0,9 \cdot 0,55 \cdot 1 = 49,5$  м/хв.

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V_{\text{рек}}}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 49,5}{3,14 \cdot 134,23} = 117 \text{ об/хв.} \quad (1.101)$$

Частота обертання шпинделя за паспортом верстата  $n = 115$  об/хв.

Дійсна швидкість різання:

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 134,23 \cdot 115}{1000} = 48,5 \text{ м/хв.} \quad (1.102)$$

Потужність різання:

$$N_{\text{різ}} = N_{\text{таб}} \cdot \frac{V}{1000} \cdot k = 5,6 \cdot \frac{48,5}{1000} \cdot 0,7 = 1,9 \text{ кВт.} \quad (1.103)$$

Потужність на шпинделі верстата:

$$N_{\text{шп}} = \eta \cdot N_{\text{дв}} = 0,75 \cdot 11 = 8,25 \text{ кВт.} \quad (1.104)$$

$$N_{\text{різ}} < N_{\text{шп.}}$$

Машинний час:

$$T_m = \frac{l+l_2}{n \cdot S_0} = \frac{58,5+3}{115 \cdot 0,6} = 0,89 \text{ хв.} \quad (1.105)$$

д) Точити поверхню 1 начисто

- глибина різання  $t = 0,22$  мм;
- стійкість інструменту  $T = 200$  хв;
- подача рекомендована  $S_{\text{рек}} = 0,3$  мм/об.

За паспортом верстата  $S_0 = 0,3$  мм/об.

Швидкість різання  $V_{\text{рек}} = V_{\text{таб}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 = 100 \cdot 0,9 \cdot 0,9 \cdot 1 = 121,5$  м/хв.

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V_{\text{рек}}}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 121,5}{3,14 \cdot 70} = 552 \text{ об/хв.} \quad (1.106)$$

Частота обертання шпинделя за паспортом верстата  $n = 550$  об/хв.

Дійсна швидкість різання:

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 70 \cdot 550}{1000} = 120,9 \text{ м/хв.} \quad (1.107)$$

Потужність різання:

$$N_{\text{різ}} = N_{\text{таб}} \cdot \frac{V}{1000} \cdot k = 0,7 \cdot \frac{120,9}{100} \cdot 0,7 = 0,6 \text{ кВт.} \quad (1.108)$$

Потужність на шпинделі верстата:

$$N_{\text{шп}} = \eta \cdot N_{\text{дв}} = 0,75 \cdot 11 = 8,25 \text{ кВт.} \quad (1.109)$$

$$N_{\text{різ}} < N_{\text{шп.}}$$

Машинний час:

$$T_{\text{м}} = \frac{l+l_2}{n \cdot S_0} = \frac{53+3}{550 \cdot 0,3} = 0,34 \text{ хв.} \quad (1.110)$$

е) Точити поверхню 3 начисто.

- глибина різання  $t = 0,285$  мм;
- стійкість інструменту  $T = 200$  хв;
- подача рекомендована  $S_{\text{рек}} = 0,3$  мм/об.

За паспортом верстата  $S_0 = 0,3$  мм/об.

Швидкість різання:  $V_{\text{рек}} = V_{\text{таб}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 = 100 \cdot 0,9 \cdot 0,9 \cdot 1 = 121,5$  м/хв.

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V_{\text{рек}}}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 121,5}{3,14 \cdot 134,23} = 288 \text{ об/хв.} \quad (1.111)$$

Частота обертання шпинделя за паспортом верстата  $n = 280$  об/хв.

Дійсна швидкість різання:

$$V_{\text{д}} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 134,23 \cdot 280}{1000} = 118 \text{ м/хв.} \quad (1.112)$$

Потужність різання:

$$N_{\text{різ}} = N_{\text{таб}} \cdot \frac{V}{1000} \cdot k = 0,7 \cdot \frac{118}{100} \cdot 0,7 = 0,6 \text{ кВт.} \quad (1.113)$$

Потужність на шпинделі верстата:

$$N_{\text{шп}} = \eta \cdot N_{\text{дв}} = 0,75 \cdot 11 = 8,25 \text{ кВт.} \quad (1.114)$$

$$N_{\text{різ}} < N_{\text{шп.}}$$

Машинний час:

$$T_{\text{м}} = \frac{l+l_2}{n \cdot S_0} = \frac{58,5+3}{280 \cdot 0,3} = 0,73 \text{ хв.} \quad (1.115)$$

ж) Точити 3 фаски.

- глибина різання  $t = 2$  мм;
- стійкість інструменту  $T = 200$  хв;
- подача рекомендована  $S_{\text{рек}} = 0,60$  мм/об.

За паспортом верстата  $S_0 = 0,6$  мм/об.

Швидкість різання  $V_{\text{рек}} = V_{\text{таб}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 = 100 \cdot 0,9 \cdot 0,55 \cdot 1 = 49,5$  м/хв.

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V_{\text{рек}}}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 49,5}{3,14 \cdot 134,23} = 117 \text{ об/хв.} \quad (1.116)$$

Частота обертання шпинделя за паспортом верстата  $n = 115$  об/хв.

Дійсна швидкість різання:

$$V_{\text{д}} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 134,23 \cdot 115}{1000} = 48,5 \text{ м/хв.} \quad (1.117)$$

Потужність різання:



$$N_{\text{різ}} = N_{\text{таб}} \cdot \frac{V}{1000} \cdot k = 2,2 \cdot \frac{48,5}{100} \cdot 0,7 = 0,7 \text{ кВт.} \quad (1.118)$$

Потужність на шпинделі верстата:

$$N_{\text{шп}} = \eta \cdot N_{\text{дв}} = 0,75 \cdot 11 = 8,25 \text{ кВт.} \quad (1.119)$$

$$N_{\text{різ}} < N_{\text{шп.}}$$

Машинний час:

$$T_{\text{м}} = \frac{l}{n \cdot S_o} \cdot i = \frac{2}{115 \cdot 0,6} \cdot 3 = 0,09 \text{ хв.} \quad (1.120)$$

Розрахунок режимів різання на операцію 020 зубофрезерну.

- глибина різання  $t = h = 11,25 \text{ мм}$ ;
- подача розрахункова  $S_p = S_{\text{отаб}} \cdot K_S \cdot \cos\beta = 1,6 \cdot 1,0 \cdot \cos 15^\circ = 1,55 \text{ мм/об.}$

За паспортом верстата  $S_o = 1,5 \text{ мм/об.}$

Стійкість інструменту  $T = 240 \text{ хв.}$

Швидкість різання  $V_{\text{рек}} = V_{\text{таб}} \cdot K_1 \cdot K_2 = 40 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 40 \text{ м/хв.}$

Частота обертання шпинделя фрези:

$$n = \frac{1000 \cdot V_{\text{рек}}}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 40}{3,14 \cdot 140} = 90,9 \text{ об/хв.} \quad (1.121)$$

Частота обертання шпинделя за паспортом верстата  $n = 80 \text{ об/хв.}$

Дійсна швидкість різання:

$$V_{\text{д}} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 140 \cdot 80}{1000} = 35,2 \text{ м/хв.} \quad (1.122)$$

Потужність різання:

$$N_{\text{різ}} = N_{\text{таб}} \cdot k_{\beta} = 1,5 \cdot 1,0 = 1,5 \text{ кВт.} \quad (1.123)$$

Потужність на шпинделі верстата:

$$N_{\text{шп}} = \eta \cdot N_{\text{дв}} = 0,75 \cdot 7,5 = 5,6 \text{ кВт.} \quad (1.124)$$

$$N_{\text{різ}} < N_{\text{шп}}.$$

Машинний час:

$$T_{\text{м}} = \frac{l+l_1+l_2}{n \cdot S_0 \cdot k} \cdot Z. \quad (1.125)$$

Для косозубих колес:

$$l = \frac{B}{\cos \beta} = \frac{56}{\cos 15^\circ} = 58 \text{ мм;} \quad (1.126)$$

при  $\beta = 15^\circ$ ;  $K = 1,25$ .

$$l_{1K} = l_1 \cdot K = 49 \cdot 1,25 = 61 \text{ мм}$$

$$T_{\text{м}} = \frac{58 + 61 + 5}{80 \cdot 1,5 \cdot 2} \cdot 24 = 12,4 \text{ хв.}$$

Норми часу на операцію 005 фрезерно-центрувальну.

Машинний час:

$$T_{\text{м}} = 0,45 + 0,25 = 0,70 \text{ хв.}$$

Допоміжний час:

- час на установку і зняття деталі  $T_y = 0,30$  хв;
- час, пов'язаний з переходами  $T_{\text{п}} = 0,04 \cdot 2 = 0,08$  хв;
- час, пов'язаний з вимірами  $T_{\text{вим}} = 0,42 \cdot 0,6 = 0,25$  хв.

$$T_{\text{в1}} = T_y + T_{\text{п}} + T_{\text{вим}} = 0,30 + 0,08 + 0,25 = 0,63 \text{ хв.} \quad (1.127)$$

Оперативний час:

$$T_{оп1} = T_M + T_{в1} = 0,70 + 0,63 = 1,33 \text{ хв.} \quad (1.128)$$

Коефіцієнт змінності:

$$K_{зм} = \frac{T_{оп1} \cdot N}{480} = \frac{1,33 \cdot 300}{480} = 0,83. \quad (1.129)$$

Коефіцієнт на допоміжний час:  $K_{тв} = 1,15$ .

Допоміжний час:

$$T_B = T_{в1} \cdot K_{тв} = 0,63 \cdot 1,15 = 0,72 \text{ хв.} \quad (1.130)$$

Оперативний час:

$$T_{оп} = T_M + T_B = 0,70 + 0,72 = 1,42 \text{ хв.} \quad (1.131)$$

Додатковий час:

$$T_{дп} = T_{обс} + T_{л.п.}, \quad (1.132)$$

де  $T_{обс}$  - час на обслуговування робочого місця,  $T_{обс}$  дорівнює 4 % від  $T_{оп}$ ;

$T_{л.п.}$  - час на особисті потреби;  $T_{л.п.}$  дорівнює 4 % від  $T_{оп}$ .

$$T_{обс} = 1,42 \cdot 0,04 = 0,06 \text{ хв};$$

$$T_{л.п.} = 1,42 \cdot 0,04 = 0,06 \text{ хв};$$

$$T_{дп} = 0,06 + 0,06 = 0,12 \text{ хв.}$$

Штучний час:

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{дп} = 1,42 + 0,12 = 1,54 \text{ хв.} \quad (1.133)$$

Підготовчо-заключний час:

- на наладку верстата, інструментів, пристосувань  $T_{п-31} = 18$  хв,
- на отримання інструменту і пристосувань виконавцем роботи до початку і здача їх після закінчення обробки партії деталей  $T_{п-32} = 10$  хв,

$$T_{п.з.} = T_{п-31} + T_{п-32} = 18 + 10 = 28 \text{ хв.} \quad (1.134)$$

Штучно-калькуляційний час:

$$T_{шк.к} = T_{шт} + \frac{T_{п.з.}}{n} = 1,54 + \frac{28}{300} = 1,63 \text{ хв.} \quad (1.135)$$

Норми часу на операцію 010 токарську програмну.

Машинний час:

$$T_m = 0,41 + 0,33 + 0,83 + 0,89 + 0,34 + 0,73 + 0,09 = 3,62 \text{ хв.}$$

Допоміжний час:

- час на установку і зняття деталі  $T_y = 0,40$  хв;
- час, пов'язаний з переходами  $T_{п} = 0,02 \cdot 7 = 0,14$  хв;
- час на зміну інструменту (поворот револьверної головки) переходами  $T_p = 0,02 \cdot 2 = 0,04$  хв;
- час на установчі переміщення  $T_{пер} = 0,1 \cdot 6 = 0,6$  хв;
- час на прискорення підведення  $T_{під} = 0,03 \cdot 3 = 0,09$  хв;
- час пов'язаний з вимірами  $T_{вим} = 0,08 \cdot 0,5 \cdot 3 + 0,02 \cdot 0,4 \cdot 2 = 0,14$  хв,

$$T_{в1} = T_y + T_{п} + T_p + T_{пер} + T_{під} + T_{изм} = 0,40 + 0,14 + 0,04 + 0,6 + 0,09 + 0,14 = 1,41 \text{ хв.}$$

Оперативний час:

$$T_{оп1} = T_m + T_{в1} = 3,62 + 1,41 = 5,03 \text{ хв.} \quad (1.136)$$

Коефіцієнт змінності:

$$K_{3M} = \frac{T_{оп1} \cdot N}{480} = \frac{5,03 \cdot 300}{480} = 5,66. \quad (1.137)$$

Коефіцієнт на допоміжний час:  $K_{тв} = 0,76$ .

Допоміжний час:

$$T_B = T_{B1} \cdot K_{тв} = 1,41 \cdot 0,76 = 1,07 \text{ хв.} \quad (1.138)$$

Оперативний час:

$$T_{оп} = T_M + T_B = 3,62 + 1,07 = 3,69 \text{ хв.} \quad (1.139)$$

Додатковий час:

$$T_{дп} = T_{обс} \cdot T_{л.п.}, \quad (1.140)$$

де  $T_{обс}$  - час на обслуговування робочого місця;

$T_{л.п.}$  - час на особисті потреби;  $T_{л.п.}$  дорівнює 4 % від  $T_{оп}$ ;

$T_{дп}$  дорівнює 10 % від  $T_{оп}$ .

$$T_{дп} = 3,69 \cdot 0,10 = 0,37 \text{ хв.}$$

Штучний час:

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{дп} = 3,69 + 0,37 = 4,06 \text{ хв.} \quad (1.141)$$

Підготовчо-заклучний час:

- на наладку верстата, інструментів, пристосувань  $T_{п-31} = 11,5$  хв,

- на додаткові прийоми  $T_{п-32} = 15$  хв;

- на обробку пробної деталі  $T_{п-33} = 10,5$  хв,

$$T_{п.3.} = T_{п-31} + T_{п-32} + T_{п-33} = 11,5 + 15 + 10,5 = 37 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час:

$$T_{\text{шк.к}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{п.з}}}{n} = 4,06 + \frac{37}{300} = 14,21 \text{ хв.} \quad (1.142)$$

Норми часу на операцію 020 зубофрезерну.

Машинний час:  $T_{\text{м}} = 12,4$  хв.

Допоміжний час  $T_{\text{в1}} = 0,43$  хв;

- час пов'язаний з вимірами  $T_{\text{вим}} = 0,60 \cdot 0,3 = 0,18$  хв;

$$T_{\text{в2}} = T_{\text{в1}} + T_{\text{изм}} = 0,43 + 0,18 = 0,61 \text{ хв.} \quad (1.143)$$

Оперативний час:

$$T_{\text{оп1}} = T_{\text{м}} + T_{\text{в2}} = 12,4 + 0,61 = 13,01 \text{ хв.} \quad (1.144)$$

Коефіцієнт змінності:

$$K_{\text{зм}} = \frac{T_{\text{оп1}} \cdot N}{480} = \frac{13,01 \cdot 300}{480} = 8,1. \quad (1.145)$$

Коефіцієнт на допоміжний час:  $K_{\text{тв}} = 0,66$ .

Допоміжний час:

$$T_{\text{в}} = T_{\text{в2}} \cdot K_{\text{тв}} = 0,61 \cdot 0,66 = 0,40 \text{ хв.} \quad (1.146)$$

Оперативний час:

$$T_{\text{оп}} = T_{\text{м}} + T_{\text{в}} = 12,4 + 0,4 = 12,8 \text{ хв.} \quad (1.147)$$

Додатковий час:

$$T_{\text{дп}} = T_{\text{обс}} + T_{\text{л.п.}}, \quad (1.148)$$

де  $T_{\text{обс}} = 4\%$  від  $T_{\text{оп}}$  – час на обслуговування робочого місця;

$T_{\text{л.п.}} = 4\%$  від  $T_{\text{оп}}$  – час на особисті потреби;

$$T_{\text{обс}} = 12,8 \cdot 0,04 = 0,51 \text{ хв};$$

$$T_{\text{л.п.}} = 12,8 \cdot 0,04 = 0,51 \text{ хв};$$

$$T_{\text{дп}} = 0,51 + 0,51 = 1,02 \text{ хв.}$$

Штучний час:

$$T_{\text{шт.}} = T_{\text{оп}} + T_{\text{дп}} = 12,8 + 1,02 = 13,82 \text{ хв.} \quad (1.149)$$

Підготовчо-заключний час:

- на наладку верстата, інструментів, пристосувань  $T_{п-31} = 24$  хв,
- на додаткові прийоми  $T_{п-32} = 3,5$  хв;
- на обробку пробної деталі  $T_{п-33} = 2,5$  хв,
- на отримання інструменту і пристосувань виконавцем роботи до початку і здача їх після закінчення обробки партії деталей  $T_{п-34} = 7$  хв,

$$T_{п.з.} = T_{п-31} + T_{п-32} + T_{п-33} + T_{п-34} = 24 + 3,5 + 2,5 + 7 = 37 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час:

$$T_{шк.к} = T_{шт} + \frac{T_{п.з.}}{n} = 13,82 + \frac{37}{300} = 13,94 \text{ хв.} \quad (1.150)$$

## 2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

### 2.1 Проектування спеціального установчо-затискального пристрою для фрезерно-центрувальної операції

*Розробка короткого технічного завдання на пристосування*

Пристосування для даної операції повинне забезпечити жорстке закріплення заготовки без яких би то не було великих фізичних навантажень робітника. На цій операції відбувається завдання осі заготовки і отримання лінійного розміру деталі.

*Розробка теоретичної схеми базування, вибір настановних і затискних елементів*

На даній операції пристосування повинно бути призначене для базування заготовок по зовнішній циліндричній поверхні і площиною в торець, а також закріплення заготовки силою  $P_1$  і  $P_2$  (рис 2.1).

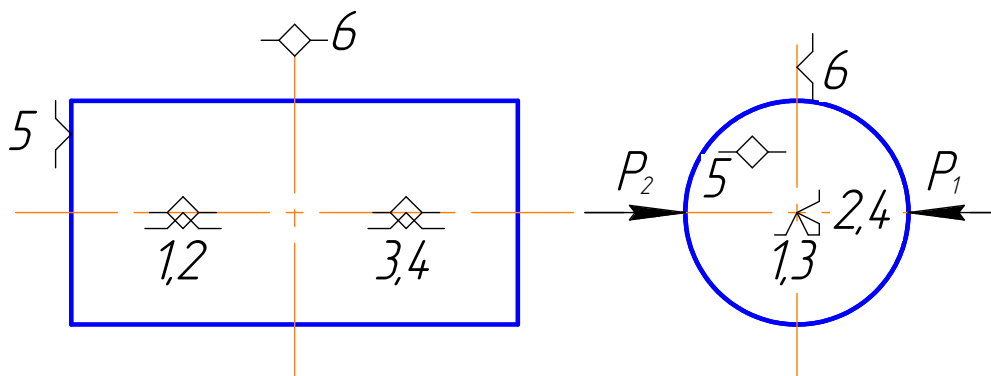


Рисунок 2.1 - Теоретична схема базування

У пристосуванні заготівля подвійною направляючої базою встановлюється в губки лещат (опорні точки 1,2,3,4), опорною базою впирається в упор (опорна точка 5). Закріплення заготовки здійснюється переміщенням губок лещат до заготівлі. Після закріплення заготовка фіксується опорної прихованої базою (опорна точка 6)[5].



Після установки заготовки включають кран пневмосистеми і починають поступальний рух штока пневмоциліндра. При цьому відбувається переміщення губок лещат до заготівлі і її затиск.

*Опис конструкції і роботи пристрою*

При подачі робочого тиску в безштокову порожнину шток рухається вперед і спеціальним буртиком штовхає повзун в тому ж напрямку.

Призми укріплені на повзунах отримують рух, центрують і закріплюють оброблювану деталь.

Для закріплення деталей великої довжини використовуються по два розглянутого механізму. Розміщуються вони по можливості близько до місць обробки і діють одночасно[6].

*Розрахунок пристосування на зусилля закріплення заготовки*

Проектоване пристосування - лещата пневматичні, застосовуються для закріплення оброблюваної деталі на операції 005 фрезерно-центрувальної.

Розрахунок пристосування.

Необхідне зусилля затиску визначається за формулою:

$$P_3 = \frac{2 \cdot K \cdot M}{D_3 \cdot (f_2 + f_1) / \sin 0,5 \cdot \alpha} \quad (2.1)$$

де  $M$  – момент, який навантажує заготовку;

$f$  – коефіцієнт тертя на поверхнях затиску;

$D_3$  – діаметр заготовки;

$\alpha$  – кут призми;

$K$  – коефіцієнт запасу.

Коефіцієнт запасу визначається за формулою:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \quad (2.2)$$

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

$K_1$  – коефіцієнт, що враховує наявність випадкових нерівностей,  $K_1 = 1,2$ ;

$K_2$  – коефіцієнт, що враховує затуплення інструменту,  $K_2 = 1,7$ ;

$K_3$  – коефіцієнт, що враховується при переривчастому різанні,  $K_3 = 1,2$ ;

$K_4$  – коефіцієнт, що враховує сталість сил затиску,  $K_4 = 1,0$ ;

$K_5$  – коефіцієнт, що враховує ергономіку затискного пристрою,  $K_5 = 1,0$ ;

$K_6$  – коефіцієнт, що враховує наявність моментів прагнуть повернути заготовку,  $K_6 = 1,0$ ;

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,7 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 3,67;$$

$$M = \frac{P_3 \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{1430 \cdot 160}{2 \cdot 100} = 11440 \text{ Н} \cdot \text{мм}; \quad (2.3)$$

$$P_3 = \frac{2 \cdot 3,67 \cdot 11440}{77 \cdot (0,25 + 0,25) / \sin 0,5 \cdot 90^\circ} = 1550 \text{ Н}.$$

Зусилля на штоку, необхідне для отримання необхідного зусилля затиску визначається за формулою:

$$Q = P \cdot [tg \cdot (\alpha + \beta) + tg \varphi] \cdot \frac{l}{l_1} \cdot \frac{1}{\eta}; \quad (2.4)$$

$$Q = 1550 \cdot [tg(45 + 5) + 0,15] \cdot \frac{123}{73} \cdot \frac{1}{0,87} = 4040 \text{ Н}.$$

Діаметр пневмоциліндра визначається за формулою:

$$Q = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \cdot p \cdot \eta,$$

Звідки

$$D^2 - d^2 = \frac{4 \cdot q}{\pi \cdot p \cdot \eta},$$

приймавши  $D = 4d$  отримаємо:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{15 \cdot \pi \cdot p \cdot \eta}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 4040}{15 \cdot 3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,87}} = 30 \text{ мм}; \quad (2.5)$$

$$D = 4 \cdot 30 = 120 \text{ мм}.$$

Схема розташування сил затиску наведена на рис. 2.2.

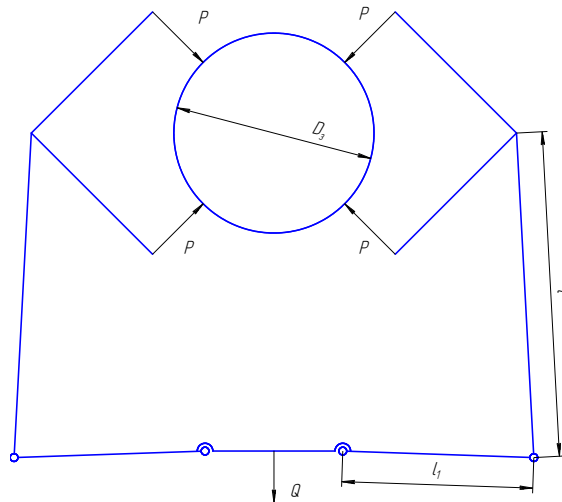


Рисунок 2.2 - Схема розташування сил затиску

Опис і робота пристосування.

Проектоване пристосування складається з корпусу 2, всередині якого розташована гільза пневмоцилиндра 8. Зверху корпусу розташовані рухливі губки 5 із закріпленими на них призмами 6. Для передачі руху від штока до рухомих губкам використовуються важелі 12, що обертаються на осях 14.

Пристосування встановлюється і закріплюється на столі верстата.

Закріплення заготовки проводиться таким чином. Стисле повітря подається в штокову порожнину пневмоциліндра, поршень 7 зі штоком 9 рухаються вниз. Важелі 12 повертаються навколо осей 14 і через сухарі 13 переміщують рухливі губки 5 у напрямку «до заготівлі». Таким чином, заготівля виявляється затиснутою призмами 6 або закріпленої.

Розкріплення заготовки проводиться таким чином. Стисле повітря подається в безштокові порожнину і поршень 7 зі штоком 9 переміщаються вгору. Важелі 12 повертаються навколо осей 14 в іншу сторону і через сухарі

13 переміщують рухливі губки 5 у напрямку «від заготовки». Таким чином, заготівля виявляється раскреплена і вільно знімається з пристосування.

## 2.2 Проектування пристосування для фрезерної операції

*Економічне обґрунтування застосування пристосування.*

Економічний ефект від застосування пристосування визначають шляхом зіставлення річних витрат і річної економії для порівнюваних варіантів обробки деталей.

Застосування пристосування вигідно в тому випадку, якщо річна економія від його при-трансформаційних змін більше річних витрат з визнаних з його експлуатацією.

Вважаючи, що витрати на різальний інструмент, амортизацію та ін. для всіх варіантів однакові то визначають і порівнюють лише тобто елементи які залежать від конструкції пристосування.

Порівнянні варіанти:

А - новий (пропонований)

Б - базовий (старий)

Елементи собівартості обробки визначаються за формулою:

$$C_a = Z_a \cdot \left(1 + \frac{H}{100}\right) + \frac{S_a}{\Pi} \cdot \left(\frac{1}{A} + \frac{q}{100}\right),$$

$$C_b = Z_b \cdot \left(1 + \frac{H}{100}\right) + \frac{S_b}{\Pi} \cdot \left(\frac{1}{A} + \frac{q}{100}\right),$$

де  $S_a$  и  $S_b$  – витрати на виготовлення пристосування за варіантами;

$Z_a$  і  $Z_b$  - зарплата верстатника при використанні для обробки деталей пристосування за варіантами;

$H$  - цехові накладні витрати, приймаємо 30% від зарплати робітників;

$\Pi$  - річна програма випуску деталей 21410 штук;

$A$  - термін амортизації пристосування, роки;

$q$  - витрати, пов'язані з експлуатацією пристосування, приймаємо 20% від  $S$ .

Витрати на виготовлення пристосування:

$$S = C \cdot N,$$

де  $C$  – постійна, що залежить від складності пристосування і його габаритних розмірів. ( $C = 15$  - за варіантом Б;  $C = 30$  - за варіантом А).

Варіант А (новий)

$$S_a = C \cdot N = 30 \cdot 14 = 420 \text{ грн},$$

$$C_a = 370 \cdot \left(1 + \frac{111}{100}\right) + \frac{420}{21410} \cdot \left(\frac{1}{4} + \frac{84}{100}\right) = 780,72 \text{ грн}$$

Варіант Б (базовий)

$$S_b = C \cdot N = 30 \cdot 14 = 420 \text{ грн},$$

$$C_b = 385 \cdot \left(1 + \frac{130,5}{100}\right) + \frac{435}{21410} \cdot \left(\frac{1}{1,5} + \frac{87}{100}\right) = 887,75 \text{ грн}$$

Економічний ефект від випуску річної програми:

$$E = (887,45 - 780,72) \cdot 21410 = 2285089,3 \text{ грн.}$$

*Технічні вимоги на виготовлення пристосування*

При виготовленні пристосування потрібно дотримуватися таких технічних вимоги:

– Непаралельність осі контрольного вала щодо А на більше 0,1 мм на довжині 200 мм.

– Непаралельність осі призми N10 щодо осі шпонок не більше 0,05 мм на довжині 100 мм.

– Несиметричність осі контрольного вала відносно поверхні Б не більше 0,5 мм.

– Пристосування працює спільно з підставкою П2-5059.

*Опис конструкції і роботи пристрою*

Пристосування пневматичне для фрезерування шпоночних пазів призначене для фіксації заготовки (вала) при фрезерній операції на вертикальному верстаті. Дане пристосування забезпечує швидку зміну деталі, під час виконання фрезерної операції.

Пристосування працює на стисненому повітрі. В результаті включення пневмопривода, стиснене повітря, що надходить через розподільний кран, тисне на диск поршня і рухає шток 4, з яким пов'язані штовхачі 5.

При русі штока вперед, штовхачі тиснуть на опори притисків 6, з'єднаних між собою пружиною 7. В результаті чого пружина розтискається, повертаючи притиски 3, які закріплюють оброблювану деталь 1 у змінному призмі 2[7].

*Розрахунок пристосування на зусилля закріплення заготовки*

Для забезпечення надійності затиску заготовки визначаємо коефіцієнт запасу:

$$K_{зан} = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6,$$

$$K_{зан} = 2,07$$

Приймаємо  $K_{зан} = 2,5$

Зусилля затиску:

Заготівля діаметром встановлена в призму. Сили тертя між заготовкою, затискачем і призмою (коефіцієнти тертя відповідно  $f_1$  і  $f_2$ ) перешкоджають повороту заготовки під дією крутного моменту  $M$  і осьової зрушує сили  $R$ .

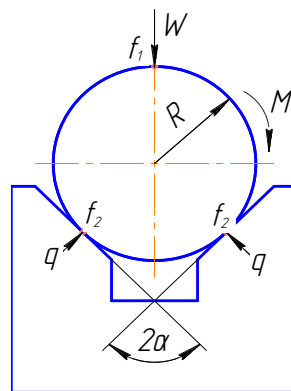


Рисунок 2.3 - Схема базування заготовки в пристосуванні

$$W = \frac{K_3 \cdot M}{0,5 \cdot d \cdot f_1 + 0,5 \cdot d \cdot f_2 / \sin 0,5 \cdot \alpha'} \quad (2.6)$$

де  $K_3$  - коефіцієнт запасу, приймаємо 2,5;

$M$  - крутний момент, приймаємо 143 Н·м;

$d$  - діаметр заготовки, приймаємо 50 мм;

$f_1 = 0,15$  – для призми;

$$f_2 = f_1 \cdot \sin 60^\circ,$$

$$f_2 = 0,15 \cdot 0,866 = 0,1299.$$

Зусилля затиску дорівнює:

$$W = \frac{2,5 \cdot 143}{0,5 \cdot 0,05 \cdot 0,15 + 0,5 \cdot 0,05 \cdot 0,1299 / 0,433} = 31,7 \text{ кг/м}^2.$$

Знаходимо силу  $q$ , що діє по нормалі до робочих гранях призми по довжині контакту бази заготовки з призмою:

$$q = \frac{(0,05 \cdot W \cdot \frac{\text{ctg} \alpha}{2})}{l_{\text{пр}}}, \quad (2.7)$$

де  $l_{\text{пр}}$  – довжина контакту заготовки з однією гранню призми.

Приймаємо  $l_{\text{пр}} = 2$  мм.

$$W = 31,7 \text{ кг/м}^2 = 317 \text{ Н}.$$

Тоді:

$$q = \frac{(0,05 \cdot 317 \cdot \frac{0,57}{2})}{2} = 3 \text{ Н/мм}.$$

Знаходимо розрахунковий діаметр пневмоциліндра:

$$D = \sqrt{\frac{W}{0,785 \cdot P \cdot \eta}}, \quad (2.8)$$

де  $P$  – тиск повітря, що надходить в пневмоциліндр.

Приймаємо  $5 \text{ А}$ , так як  $1 \text{ А} = 1,01 \cdot 10^5 \text{ Па}$ , то тиск дорівнює  $5,05 \cdot 10^5 \text{ Па}$ :

$$D = \sqrt{\frac{31,7}{0,785 \cdot 5,05 \cdot 10^5 \cdot 0,8}} = 98 \text{ мм.}$$

Підбираємо реальний пневмопривід:

$$D_y = 100 \text{ мм}; d_{umt} = 20 \text{ мм.}$$

Діюча сила затиску:

$$W = 0,785 \cdot D_y^2 \cdot P \cdot \eta, \quad (2.9)$$

$$W = 0,785 \cdot 100^2 \cdot 5 \cdot 0,8 = 31400 \text{ кг.}$$

Осьова сила в штоку:

$$Q_{\Pi} = 0,785 \cdot (D_y^2 - d^2) \cdot P \cdot \eta, \quad (2.10)$$

$$Q_{\Pi} = 0,785 \cdot (100^2 - 20^2) \cdot 5 \cdot 0,8 = 3014,4 \text{ кг.}$$

*Розрахунок пристосування на точність*

Розрахункова сумарна похибка пристосування:

$$\Delta_{\text{пр}} \leq \sigma - (K_1 \cdot \varepsilon_6 + \Delta_y + K_2 \cdot \omega) \text{ мм}, \quad (2.11)$$

де  $\sigma$  – допуск на розмір оброблюваної деталі, приймаємо  $0,19$ ;

$\varepsilon_6$  – похибка базування деталі;

$$K_1 = 0,8 \div 0,85;$$



$$K_2 = 0,6 \div 1,0;$$

$\omega$  – точність обробки на розмір деталі, приймаємо 0,01;

$\Delta_y$  – похибка установки деталі, приймаємо  $\Delta D \cdot 0,7$ :

Похибка базування:

$$\varepsilon_6 = \frac{\Delta D}{2 \cdot \sin \alpha / 2} \text{ мм}, \quad (2.12)$$

де  $\alpha = 60^\circ$ ;

$$\Delta D = 0,05 \text{ мм.}$$

$$\varepsilon_6 = \frac{0,05}{2 \cdot \sin 30^\circ} = 0,05 \text{ мм.}$$

Похибка пристосування дорівнює:

$$\Delta_{\text{пр}} \leq 0,19 - (0,8 \cdot 0,05 + 0,7 \cdot 0,05 + 0,6 \cdot 0,01) = 0,1315 \text{ мм.}$$

### 2.3 Проектування контрольного пристосування

#### *Опис конструкції і роботи пристрою*

Пристрій (рис. 2.4) для автоматичного активного контролю в процесі обробки деталі безперервно контролює зміну її розміру і управляє роботою круглошлифовального верстата: змінює режими різання з чорнових на чистові і вимикає верстат після досягнення деталлю заданого розміру.

Деталь 1 встановлена в центрах круглошлифовального верстата і при шліфуванні контролюється триконтактною скобою 2 вимірювального пристрою. Зміни діаметрального розміру вала в процесі обробки сприймається датчиком 3 і перетворюється в ньому в електричний сигнал, який надходить в командно-сигнальний пункт 4 де посилюється і перетворюється в команду, керуючу механізмом 5 поперечних подач і переміщенням бабки 6 шліфувального круга 7. Після обробки деталі можуть проходити автоматичний контроль на вимірювальних приладах.

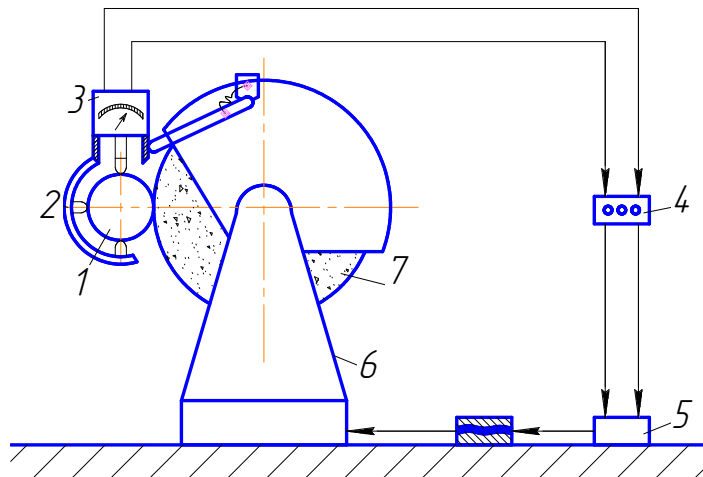


Рисунок 2.4 - Схема активного автоматичного контролю при обробці деталі на круглошліфувальному верстаті

У промисловості є велика конструктивна різноманітність триконтактних скоб, але принципово вони не відрізняються один від одного, а конструктивна відмінність викликана застосуванням різних типів первинних перетворювачів.

Схема скоби з пневматичними перетворювачами наведена на кресленні. Конструкція вимірювального пристрою дозволяє контролювати не тільки діаметр деталі, але і її овальність. При відсутності овальності стрижень 4, у міру зняття припуску, опускається вниз без коливань. У разі наявності овальності стрижень починає коливатися і за рахунок сил тертя підпружинена пластина 5 захоплює за собою шар 3, який, в свою чергу, через шток 2, змінює величину зазору у сопла 1.

Даний механізм дає зменшену в два рази величину переміщення стрижня 4. У цій конструкції застосовують пневматичний метод контролю. Сопла 1 і сопла 6 включені в самостійні вимірювальні схеми. В існуючих конструкціях триконтактних скоб зазвичай зусилля притиску нижній контакт поверхні до деталі за рахунок вантажу  $P$  або пружини 2 дорівнює 10-15 Н.

Трьохконтактні скоби забезпечують надійне виготовлення деталей за другим класом точності, в деяких випадках забезпечується і більш висока точність.

*Вимоги, що пред'являються до приладів активного контролю*

- Стійкість проти вологи, абразивного пилю, стружки.
- Вібростійкість - забезпечення високої точності в умовах вібрації.
- Надійність роботи в заданих межах точності.
- Вимірювальний засіб максимально має виключити вплив силових і температурних деформацій розмірної технологічного ланцюга на результати контролю.

- Прилад повинен видавати певну кількість команд верстата.

Стійкість приладу проти вологи, абразивного пилю, стружки забезпечується шляхом герметизації механізмів і пристроїв приладу.

Застосування пневматичних перетворювачів, а також механізмів, де в якості опор, шарнірів використовуються плоскі пружини, виключає необхідність конструктивної розробки герметизації приладу.

Індуктивні прилади мають переваги: чи не чутливість до вібрацій, невеликі габаритні розміри, можливість застосування дистанційній шкали, проте конструктивно вони складні і вимагають кваліфікованого обслуговування.

Верстати, оснащені засобами активного контролю повинні мати спеціальні пристрої для автоматичного вимірювання режимів обробки по мірі надходження команд від приладу.

З метою підвищення точності обробки на верстатах, необхідно прагнути підтримувати сталість температури охолоджуючої рідини і рідини гідросистеми верстата, сталість зусиль різання (регулярна правка круга, однорідність матеріалу заготовки, відповідний матеріал кола), а також забезпечення правильної геометричної форми заготовок[8].

### 3 ПРОЕКТУВАННЯ МЕХАНІЧНОЇ ДІЛЯНКИ

#### 3.1 Встановлення режиму роботи і річний фонд часу робітників і обладнання

Річний календарний фонд:

$$365 \cdot 24 = 8760 \text{ год.}$$

Дійсний фонд часу роботи обладнання, год:

$$F_d = (D_p \cdot T_{\text{доб}} - D_{\text{рс}} \cdot T_{\text{сокр}}) \cdot \left(1 - \frac{P_{\text{рем}}}{100}\right), \quad (3.1)$$

де  $D_p$  – число робочих днів в планованому періоді;

$T_{\text{доб}}$  – число робочих годин на добу;

$D_{\text{рс}}$  – число робочих днів скороченої тривалості в планованому періоді;

$P_{\text{рем}}$  – час простою обладнання в плановому ремонті, виражене в% від номінального фонду.

$$F_d = (251 \cdot 16 - 8 \cdot 2) \cdot \left(1 - \frac{5}{100}\right) = 3800 \text{ год.}$$

Річний фонд робочого часу:

$$F_p = (365 - 114 - 36 + 6 - 5 - 2) \cdot 8 = 1712 \text{ год,}$$

де 365 – календарний фонд;

114 – кількість неробочих днів;

251 – номінальний фонд робочого часу;

36 – відпустка;

6 – суботні дні відпустки (або кількість других днів відпочинку, що припадають на період відпусток);

5 – відпустка через хворобу;

2 – навчальні відпустки;

8 – тривалість робочого дня.

Визначення кількості основного виробничого обладнання

$$C_p = \frac{\Sigma t_{шт} \cdot N}{60 \cdot F_d \cdot K_3},$$

де  $t_{шт}$  – верстатомісткість однієї деталі, год;

$N$  – річна програма кожної деталі, приймаємо 21410 штук;

$F_d$  – річний дійсний фонд роботи обладнання, приймаємо 3800 годин;

$K_3$  – проектний коефіцієнт завантаження, приймаємо 0,8.

Кількість обладнання на проектованій ділянці визначаємо за формулою:

$$C = \frac{T_{шт-к} \cdot N}{\Phi_e}, \quad (3.2)$$

де  $\Phi_e$  – ефективний фонд часу роботи обладнання.

Для деталі «Вал-шестерня»

$$C_{P1B} = \frac{1,63 \cdot 9800}{226368} = 0,07;$$

$$C_{P2B} = \frac{4,21 \cdot 9800}{226368} = 0,18;$$

$$C_{P3B} = \frac{3,87 \cdot 9800}{226368} = 0,17;$$

$$C_{P4B} = \frac{13,94 \cdot 9800}{226368} = 0,60;$$

$$C_{P5B} = \frac{6,36 \cdot 9800}{226368} = 0,28;$$

$$C_{P6B} = \frac{4,93 \cdot 9800}{226368} = 0,21.$$

Для деталі «А»

$$C_{P1A} = \frac{6,56 \cdot 32200}{226368} = 0,93;$$

$$C_{P2A} = \frac{7,0 \cdot 32200}{226368} = 0,99;$$

$$C_{P3A} = \frac{7,1 \cdot 32200}{226368} = 1,0;$$

$$C_{P4A} = \frac{21,1 \cdot 32200}{226368} = 3,0;$$

$$C_{P5A} = \frac{12,85 \cdot 32200}{226368} = 1,83;$$

$$C_{P1A} = \frac{12,6 \cdot 32200}{226368} = 1,79.$$

Так як деталі запускаються у виробництво партіями, то кількість верстатів приймаємо за максимальним значенням:

$$C_{П1}=1, C_{П2}=1, C_{П3}=1, C_{П4}=3, C_{П5}=2, C_{П6}=2.$$

$$K_{зср} = \Sigma C_p / \Sigma C_{п} = 0,77.$$

Планування обладнання. Устаткування на проєктованій ділянці розташовується по групах[9].

Відстань від проходу до фронту верстата – 2000 мм.

Відстань між бічними сторонами сусідніх верстатів – 1300 мм.

Ширина проїзду – 4500 мм.

### 3.2 Визначення кількості працівників ділянки

Основні робочі:

$$P_{осн} = \frac{\Sigma t_{шт} \cdot N}{F_p \cdot K_B \cdot n \cdot 60}, \quad (3.3)$$

де  $F_p$  – річний дійсний фонд одного робітника, приймаємо 1712 годин;

$n$  – кількість верстатів, на яких може працювати один робітник (коефіцієнт багатостаночного) приймаємо 1;

$K_B$  – коефіцієнт виконання норм, приймаємо 1.

$$P_{осн} = \frac{0,116 \cdot 21410}{1712 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 60} = 0,024,$$

$$P_{осн} = \frac{5,49 \cdot 21410}{1712 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 60} = 1,14,$$

$$P_{осн} = \frac{5,83 \cdot 21410}{1712 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 60} = 1,18,$$

$$P_{осн} = \frac{0,904 \cdot 21410}{1712 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 60} = 0,19,$$

$$P_{\text{осн}} = \frac{0,025 \cdot 21410}{1712 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 60} = 0,05,$$

$$P_{\text{осн}} = \frac{0,116 \cdot 21410}{1712 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 60} = 0,024,$$

$$P_{\text{осн}} = \frac{1,3965 \cdot 21410}{1712 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 60} = 0,29,$$

$$\sum P_{\text{осн}} = 3,529.$$

Таблиця 3.1 - Зведена таблиця працюючих цеху

Категорія працюючих	Загальна чисельність людей
1. Головні робітники:	3,529
2. Допоміжні робітники: - допоміжні працівники, які обслуговують обладнання 60% від загальної кількості допоміжних робочих: $0,5 \cdot 3,529 = 1,76$ $1,76 \cdot 0,6 = 1,06$ - допоміжні робітники не пов'язані з обслуговуванням обладнання, 40% від загальної кількості допоміжних робочих. $1,76 \cdot 0,4 = 0,7$	1,06
3. Транспортні, 1/10 на одиницю обладнання, $C_{\text{пр}} = 7$ верстатів. $0,1 \cdot 7 = 0,7$	0,7
4. ІТР, 10% от $\Sigma(\text{осн.} + \text{доп.} + \text{транс.})$ $0,1 \cdot (3,53 + 1,06 + 0,7 + 0,7) = 0,6$	0,6
ЛКП, 3% от $\Sigma(\text{осн.} + \text{доп.} + \text{транс.})$ $0,03 \cdot 5,99 = 0,18$	0,18
МОП, 2% от $\Sigma(\text{осн.} + \text{доп.} + \text{транс.})$ $0,02 \cdot 5,99 = 0,12$	0,12
Разом:	6,889

### 3.3 Площа ділянки

Площу ділянки визначаємо за формулою:

$$S_{\text{діл}} = (n \cdot l) \cdot (m \cdot f), \quad (3.4)$$

де  $n$  – кількість прольотів в ширину, приймаємо 2;

$l$  – ширина прольотів, приймаємо 12 м;

$m$  – кількість прольотів між колонами в довжину, приймаємо 1;

$f$  – довжина прольотів, приймаємо 12 м:

$$S_{\text{діл}} = (2 \cdot 12) \cdot (1 \cdot 12) = 288 \text{ м}^2.$$

Виробнича площа:

$$S_{\text{вир}} = S_{\text{ICT}} \cdot n, \quad (3.5)$$

де  $S_{\text{ICT}}$  – площа на один верстат (а×в), приймаємо 25 м<sup>2</sup>;

$n$  – кількість верстатів в цеху, приймаємо 10;

$$S_{\text{вир}} = 25 \cdot 10 = 250 \text{ м}^2.$$

*Проектування допоміжних відділень*

Площа допоміжних відділень дорівнює:

$$S_{\text{доп}} = 0,5 \cdot S_{\text{ПР}}, \quad (3.6)$$

$$S_{\text{доп}} = 0,5 \cdot 288 = 144 \text{ м}^2.$$

Площа заготівельного відділення:

$$S_{\text{заг}} = 12 \cdot 18 = 216 \text{ м}^2.$$

Площа складу заготовок і прокату:

$$S_{\text{скл}} = 12 \cdot 36 = 432 \text{ м}^2.$$

Площа відділення інструментального забезпечення:



$$S_{\text{від.інстр}} = 16 \cdot 10,3 = 164,8 \text{ м}^2.$$

Площа складу готової продукції:

$$S_{\text{скл.гот.прод.}} = 12 \cdot 36 = 432 \text{ м}^2.$$

Площа відділення приготування МОР:

$$S_{\text{МОР}} = 12 \cdot 8 = 96 \text{ м}^2.$$

Площа відділення переробки стружки:

$$S_{\text{струж}} = 12 \cdot 9 = 108 \text{ м}^2.$$

Площа службово-побутових приміщень:

$$S_{\text{сл.поб}} = 12 \cdot 54 = 648 \text{ м}^2.$$

#### *Компоновка ділянки*

Компоновка ділянки показує взаємне розташування верстатів, допоміжних відділень, магістральних ділянок. Верстати на ділянці розташовуються за технологічним принципом в порядку виконання технологічного процесу. Деталі між операціями передаються в цebraх операційними партіями.

*Планування обладнання на ділянці* На плануванні ділянки можна побачити взаємне розташування технологічного та допоміжного обладнання та інших виробничих засобів цеху. При плануванні механічного цеху все його відділення, ділянки і допоміжні приміщення розташовують так, щоб забезпечити прямоточність і послідовність проходження матеріалу і виробів за стадіями обробки, максимальне використання виробничої площі, вимоги

охорони праці, техніки безпеки і протипожежних заходів, при цьому матеріали, напівфабрикати і готові вироби повинні направлятися по найкоротшому шляху без зворотних або петлеподібних переміщень[10].

*Підйомно-транспортне обладнання, внутрішньоцеховий і міжопераційний транспорт.* У цеху, з підйомно-транспортного устаткування знайшли застосування мостовий кран вантажопідйомністю 10 тонн. З межопераційного транспорту в цеху використовуються лотки. Для внутрішньоцехових перевезень використовуються ручні, автоматичні візки-робокари.

## 4 ОРГАНІЗАЦІЯ І УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЦТВОМ НА ДІЛЯНЦІ

Виробнича структура цеху визначається складом входять до нього підрозділів (робочих місць), характером виконуваних ними функцій і формами взаємозв'язків між ними.

Високої формою організації виробничого процесу є групова подетальна обробка деталей по предметному принципу.

Виробнича структура ділянки залежить від складу деталей, закріплених за ним, прийнятих форм поділу праці між ділянками, технологічних процесів виготовлення виробів, складу і кількості обладнання і робочої сили.

До організаційно-планових показників, що підлягають розрахунку при проектуванні цехів, відносяться розмір партій деталей, періодичність запуску партій деталей у виробництво, тривалість виробничого циклу партій деталей і виробів, фонд часу роботи обладнання і ін.

У серійному виробництві зазвичай розробляється стандарт-план ділянки. Дані для побудови стандарт-плану такі:

- а) програма запуску деталей у виробництво;
- б) розміри і періодичність запуску партій деталей, кількість верстатів;
- в) тривалість виробничого циклу.

Як дата запуску першої партії кожної деталі при проектуванні може бути умовно прийнято перше число планованого періоду (місяця).

Схему управління ділянкою, цехом розробляють з урахуванням його виробничої структури. Перш за все встановлюють склад ланок управління (начальник цеху, дільниці і його заступників, технічна служба, служба механіка і енергетика, інструментальна служба, планово-економічна, диспетчерська та інші служби, майстри та бригади). Номенклатура органів управління і число працівників в кожному з них залежить від обсягу і типу виробництва. Після цього визначають функції органів управління та зв'язок між ними (рис. 4.1).

Розробка планування ділянки і цеху є заключною стадією виконання організаційної частини проекту. На плані показується розташування всіх робочих місць і інших підрозділів відповідно до виробничою структурою.

План ділянки (цеху) включає всі робочі місця з зазначенням зони обслуговування; розміщення виробничого та іншого інвентарю; місця для оброблених і не оброблених деталей; розташування транспортних пристроїв; пости технічного контролю; місця для майстрів; складські, службові та культурно-житлові приміщення. На плані зображені всі проїзди і проходи, колони, зовнішні і внутрішні стіни, перегородки, вікна, ворота, двері; вказані всі необхідні розміри; план в масштабі 1 : 200[11].

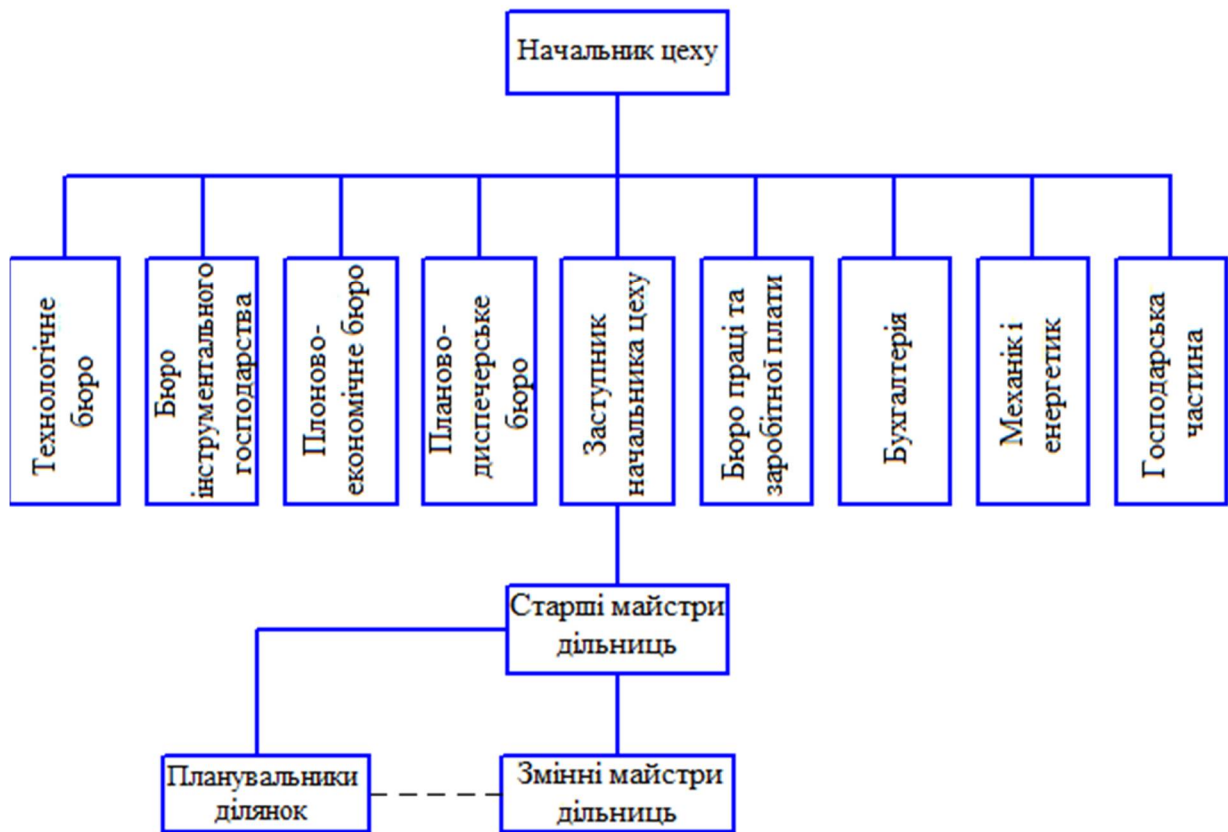


Рисунок 4.1 - Схема управління механічним цехом

## 5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 5.1 Розрахунок необхідної кількості обладнання та його завантаження і кількості працюючих

Розрахунок необхідної кількості обладнання та його завантаження зведений в табл. 5.1 і 5.2.

Таблиця 5.1 - Розрахунок обладнання за базовим варіантом

Найменування виробу	Річна програма	MP-71M		16K20		53A20		5350		3M151Ф2		Разом
		Норма часу, на од. хв	Норма часу, на програму хв	Норма часу, на од. хв	Норма часу, на програму хв	Норма часу, на од. хв	Норма часу, на програму хв	Норма часу, на од. хв	Норма часу, на програму хв	Норма часу, на од. хв	Норма часу на програму хв	
Ступиця	9800	1,63	15974	12,3	120540	13,94	136613	6,36	62328	4,93	48314	
Розрахункова кількість верстатів, $C_p$	23,87	1,06		7,3		8,77		4,18		3,07		5,24
Прийнята кількість верстатів, $C_{np}$	24	1		7		9		4		3		24
Коефіцієнт завантаження, $K_z$		0,72		0,82		0,8		0,68		0,69		0,75

Таблиця 5.2 - Розрахунок обладнання по пропонованому варіанту

Найменування виробу	Річна програма	MP71M		16K20Ф3		53A20		5350		3M151Ф2		Разом
		Норма часу, на од. хв	Норма часу, на програму хв	Норма часу, на од. хв	Норма часу, на програму хв	Норма часу, на од. хв	Норма часу, на програму хв	Норма часу, на од. хв	Норма часу, на програму хв	Норма часу, на од. хв	Норма часу, на програму хв	
Ступиця	9800	1,63	15974	8,08	79184	13,94	136613	6,36	62328	4,93	48314	
Розр. кільк. верст., $C_p$	21,93	1,06		5,07		8,77		4,18		3,07		5,24
Прийн. кільк. верст., $C_{np}$	22	1		5		9		4		3		22
Коеф. завант. $K_s$		0,72		0,61		0,8		0,68		0,69		0,75

Зведені відомості обладнання за базовим і пропонованим варіантам оформлені у вигляді табл. 5.3 і 5.4.

Таблиця 5.3 - Зведена відомість устаткування за базовим варіантом

Найменування обладнання	Модель	Габарити, мм	Потужність, кВт	Потрібна кількість обладнання	Загальна потужність, кВт	Оптова ціна од., тыс. грн.	Балансова вартість всіх одиниць тыс. грн.
Фрезерно - центрувальний напівавтомат	MP-71M	3140 x 1630	13	1	13	600	600
Універсальний токарно-гвинторізний з ЧПУ	16K20	2505 x 1810	10	7	70	650	4550
Зубофрезерний	53A20	2130x1556	4,5	9	40,5	500	4500

Продовження таблиці 5.3

Автомат шліцефрезерн.	5350	2030x1500	6,3	4	25,2	450	1800
Круглошліфувальний верстат с ЧПУ	3M151Ф2	4635x2450	11	3	33	750	2250
Разом:				<b>24</b>	<b>181,7</b>		<b>13700</b>

Таблиця 5.4 - Зведена відомість устаткування по пропонованому варіанту

Найменування обладнання	Модель	Габарити, мм	Потужність од.кВт	Потрібна кількість обладнання	Загальна потужність, кВт	Оптова ціна од., тыс. грн.	Балансова вартість всіх одиниць тыс. грн.
Фрезерно-центрувальний напівавтомат	MP-71M	3140 x 1630	13	1	13	600	600
Універсальний токарно-гвинторізний з ЧПУ	16K20Ф3	3700x2260	11	5	55	850	4250
Зубофрезерний напівавтомат	53A20	2130x1556	4,5	9	40,5	500	4500
Автомат шліцефрезерний	5350	2030x1500	6,3	4	25,2	450	1800
Круглошліфувальний верстат с ЧПУ	3M151Ф2	4635x2450	11	3	33	750	2250
Разом:				<b>22</b>	<b>166,7</b>		<b>13400</b>

*Розрахунок необхідної кількості працюючих*

Розрахунок необхідної кількості працюючих за базовим і пропонованим варіантам зведений в табл. 5.5.

Таблиця 5.5 - Зведена відомість загального складу працюючих на ділянці

Найменування категорії працюючих	Базовий варіант, люд.	Пропонований варіант, люд.
Основні робочі	22	16
Допоміжні робітники	5	3
ІТР	2	1
ЛКП	2	1
МОП	1	1
Разом:	32	22

## 5.2 Розрахунок капітальних вкладень

Визначення вартості будівлі.

Вартість будівлі, займаного обладнанням, розраховується за формулою:

$$K_{\text{буд}} = C_{\text{буд}} \cdot (S + S_y) \cdot \gamma \cdot C_{\text{пр}}, \quad (5.1)$$

де  $C_{\text{буд}}$  – вартість  $1\text{ м}^2$  площі механічної ділянки,  $C_{\text{буд}} = 4000$  грн;

$S$  – площа, яку займає одиниця обладнання (табл. 5.3, 5.4),  $\text{м}^2$ ;

$S_y$  – питома площа, яка враховує виносне обладнання,  $S_y = 5\text{ м}^2$ ;

$\gamma$  – коефіцієнт, що враховує додаткову площу,  $\gamma = 1,1$ .

Вартість будівлі, займаного обладнанням за базовим варіантом дорівнює:

$$K_{\text{буд}} = 44528 + 195850 + 153120 + 75680 + 172040 = 641218 \text{ грн.}$$

Вартість будівлі, займаного обладнанням по пропонованому варіанту дорівнює:

$$K_{\text{буд}} = 44528 + 205920 + 15120 + 75680 + 172040 = 651288 \text{ грн.}$$

Вартість службово-побутових приміщень розраховується за формулою:

$$K_{\text{сл}} = C_{\text{сл}} \cdot S_{\text{б}} \cdot (P_{\text{осн}} + P_{\text{доп}}), \quad (5.2)$$

де  $C_{\text{сл}}$  – вартість  $1\text{ м}^2$  площі службово-побутових приміщень,  $C_{\text{сл}} = 6000$  грн;

$S_{\text{б}}$  – вартість службово-побутових приміщень, що припадає на одного



робітника, питома площа, яка враховує виносне обладнання,  $S_o = 2000$  грн/люд;

$P_{осн}$  – кількість основних робітників, люд;

$P_{дон}$  – кількість допоміжних робітників, люд;

Вартість службово-побутових приміщень для базового варіанту дорівнює:

$$K_{сл} = 6000 \cdot 5000 \cdot 27 = 810000 \text{ грн.}$$

Вартість службово-побутових приміщень для пропонованого варіанту дорівнює:

$$K_{сл} = 6000 \cdot 5000 \cdot 19 = 570000 \text{ грн.}$$

*Визначення вартості обладнання*

Вартість обладнання визначається за формулою:

$$K_o = K_m + K_{п.т} + K_{у.к} + K_z, \quad (5.3)$$

де  $K_m$  – первісна вартість обладнання (табл. 5.3, 5.4).

Для базового варіанту:

$$K_m = 13700 \text{ тис. грн.}$$

Для пропонованого варіанту:

$$K_m = 13400 \text{ тис. грн.}$$

$K_{п.т}$  – первісна вартість підйомно-транспортного обладнання.

Для базового варіанту:

$$K_{п.т} = 10\% \cdot K_m = 0,1 \cdot 13700 = 1370 \text{ тис. грн.}$$

Для пропонованого варіанту:

$$K_{п.м} = 10\% \cdot K_m = 0,1 \cdot 13400 = 1340 \text{ тис. грн.}$$

$K_{у.к}$  – первісна вартість засобів контролю та управління.

Для базового варіанту:

$$K_{у.к} = 100 \cdot \Sigma C_{пр} = 100 \cdot 24 = 2,4 \text{ тис. грн.}$$

Для пропонованого варіанту:

$$K_{у.к} = 100 \cdot \Sigma C_{пр} = 100 \cdot 22 = 2,2 \text{ тис. грн.}$$

$K_3$  – первісна вартість енергетичного обладнання.

Для базового варіанту:

$$K_3 = 10\% \cdot K_m = 0,1 \cdot 13700 = 1370 \text{ тис. грн.}$$

Для пропонованого варіанту:

$$K_3 = 10\% \cdot K_m = 0,1 \cdot 13400 = 1340 \text{ тис. грн.}$$

Вартість обладнання для базового варіанту дорівнює:

$$K_0 = 13700 + 1370 + 2,4 + 1370 = 16442,4 \text{ тис. грн.}$$

Вартість обладнання для пропонованого варіанту дорівнює:

$$K_0 = 13400 + 1340 + 2,2 + 1340 = 16082,2 \text{ тис. грн.}$$

Кошториси витрат на обладнання за базовим і пропонованим варіантам зведені в табл. 5.6.

Таблиця 5.6 - Кошторис витрат на обладнання

Найменування витрат	Величина витрат, тис. грн.	
	за базовим варіантом	за пропонуваним варіантом
Вартість обладнання за оптовими цінами підприємства	13700	13400
Витрати на доставку і монтаж обладнання	824,4	956,6
Разом первісна вартість обладнання	14524,4	14356,6

*Визначення вартості основних фондів*

Вартість основних фондів за базовим і пропонуваним варіантам зведені в табл. 5.7.

Таблиця 5.7 - Вартість основних фондів

Найменування витрат	Величина витрат, тис. грн.	
	за базовим варіантом	за пропонуваним варіантом
Будинки:		
Виробничі	641,2	651,3
Обслуговуючі	810	570
Разом:	1451,2	1221,3
Устаткування:		
Виробниче	13700	13400
Підйомно-транспортне	1370	1340
Контрольно-вимірвальне	2,4	2,2
Енергетичне	1370	1340
Разом:	16442,4	16082,2
Інвентар і пристосування	834,8	1241,7
Виробничий і господарський інвентар	345	756
Разом:	1179,8	1997,7
Всього:	19073,4	19301,2

*Розрахунок собівартості продукції*

Результати розрахунку витрат на основні матеріали за базовим і пропонуваним варіантам зводимо в табл. 5.8.

Таблиця 5.8 - Розрахунок витрат на основні матеріали

Ступиця Пропонований варіант	Ступиця Базовий варіант	Найменування виробу варіант заготовки	Марка матеріалу	Річний випуск, шт.	Планова норма витрат на один виріб, кг.	Потреба на річну програму, т.	Оптова ціна матеріалу, тис. грн./т.	Планова ціна матеріалу, грн./ т.	Витрати на річний випуск, тис. грн.	Реалізовані відходи				Вартість матеріалів за вирахуванням відходів		
										Маса відходів на один виріб, кг	Загальна маса відходів, т	Ціна відходів за тонну, тис. грн.	Сума, грн.	На річний випуск, тис. грн.	На один виріб, грн.	
Сталь 35	Сталь 35															
9800	9800															
23,1	43															
226,4	421,4															
45	35															
43.5	34															
10,188	14,328															
4,6	24,5															
45,08	240,1															
2,5	2,5															
112	600															
10076	13728															
102,8	140															

Розрахунок фонду заробітної плати[12].

Фонд заробітної плати кожної категорії працюючих складається з фонду основної зарплати і фонду додаткової зарплати.

Тарифний фонд зарплати для відрядників визначається за формулою:

$$I_{сд} = T_{шт} \cdot C_{ср}, \quad (5.4)$$

де  $T_{шт}$  – трудомісткість річного випуску деталі, год;

$C_{ср}$  – середня годинна ставка робітників, грн/год;

$$C_{ср} = \frac{\sum_{i=1}^n C_{сді} \cdot P_i}{\sum_{i=1}^n P_i}, \quad (5.5)$$

де  $C_{сді}$  – годинна тарифна ставка відрядників і-го розряду, грн/год;

$P_i$  – кількість робочих і-го розряду;

$n$  – кількість розрядів у тарифній сітці.

Для базового варіанту середня годинна ставка робітників дорівнює:

$$C_{\text{ср}} = \frac{160 \cdot 18 + 140 \cdot 4}{22} = 156,4 \text{ грн/год.}$$

Тарифний фонд зарплати відрядників для базового варіанту визначається як:

$$И_{\text{сд}} = 9564 \cdot 156,4 = 1476682 \text{ грн.}$$

Для пропонованого варіанту середня годинна ставка робітників дорівнює:

$$C_{\text{ср}} = \frac{160 \cdot 10 + 140 \cdot 6}{16} = 152,5 \text{ грн/год.}$$

Тарифний фонд зарплати відрядників для пропонованого варіанту визначається як:

$$И_{\text{сд}} = 7210 \cdot 152,5 = 1099525 \text{ грн.}$$

Тарифний фонд зарплати для почасових визначається за формулою:

$$И_{\text{поч}} = F_e \cdot \sum_{i=1}^n P_{\text{поч}} \cdot C_{\text{поч}i}, \quad (5.6)$$

де  $C_{\text{поч}i}$  – годинна тарифна ставка почасових  $i$ -го розряду, грн /год.

Тарифний фонд зарплати почасових для базового варіанту визначається як:

$$И_{\text{поч}} = 1800 \cdot 5 \cdot 120 = 1080000 \text{ грн.}$$

Тарифний фонд зарплати почасових для пропонованого варіанту визначається як:

$$I_{\text{поч}} = 1800 \cdot 3 \cdot 120 = 648000 \text{ грн.}$$

Фонд основної заробітної плати робітників визначається за формулою:

$$I_{\text{осн}} = (I_{\text{сд}} + I_{\text{поч}}) \cdot (1 \cdot K_{pc}) \cdot [1 + (K_{\text{п}} + K_{\text{д}})], \quad (5.7)$$

де  $K_{pc}$  – доплата по районному коефіцієнту,  $K_{pc} = 0,84$ ;

$K_{\text{п}}$  – доплата по преміальним системам,  $K_{\text{п}} = 0,3$ ;

$K_{\text{д}}$  – доплата поза роботу понад норму,  $K_{\text{д}} = 0,08$ .

Фонд основної заробітної плати робітників для базового варіанту визначається як:

$$\begin{aligned} I_{\text{осн}} &= (1476682 + 1080000) \cdot (1 + 0,84) \cdot [1 + (0,3 + 0,08)] \\ &= 5706 \text{ тис. грн.} \end{aligned}$$

Фонд основної заробітної плати робітників для пропонованого варіанту визначається як:

$$\begin{aligned} I_{\text{осн}} &= (1099525 + 648000) \cdot (1 + 0,84) \cdot [1 + (0,3 + 0,08)] = \\ &= 3603,4 \text{ тис. грн.} \end{aligned}$$

Фонд додаткової заробітної плати робітників визначається за формулою:

$$I_{\text{доп}} = 30\% \cdot I_{\text{осн}}, \quad (5.8)$$

Фонд додаткової заробітної плати робітників для базового варіанту:

$$I_{\text{доп}} = 0,30 \cdot 5706 = 1711,8 \text{ тис. грн.}$$

Фонд додаткової заробітної плати робітників для пропонованого варіанту:

$$I_{\text{доп}} = 0,30 \cdot 3603,4 = 1081,2 \text{ тис. грн.}$$

Відрахування на соціальне страхування визначається за формулою:

$$I_{\text{від}} = (I_{\text{осн}} + I_{\text{доп}}) \cdot 27\%. \quad (5.9)$$

Відрахування на соціальне страхування за базовим варіантом:

$$I_{\text{від}} = (5706 + 1711,8) \cdot 0,27 = 2003 \text{ тис. грн.}$$

Відрахування на соціальне страхування по пропонованому варіанту:

$$I_{\text{від}} = (3603,4 + 1081,2) \cdot 0,27 = 1265 \text{ тис. грн.}$$

Фонд основної заробітної плати ІТР, ЛКП, МОП.

$Z_{\text{осн}}^{\text{ІТР}}$  – місячний фонд заробітної плати інженерно-технічних робітників,

$$Z_{\text{осн}}^{\text{ІТР}} = 20000 \text{ грн.}$$

$Z_{\text{осн}}^{\text{ЛКП}}$  – місячний фонд заробітної плати лічильно-контрського персоналу,  $Z_{\text{осн}}^{\text{ЛКП}} = 16000 \text{ грн.}$

$Z_{\text{осн}}^{\text{МОП}}$  – місячний фонд заробітної плати молодшого обслуговуючого персоналу,  $Z_{\text{осн}}^{\text{МОП}} = 10000 \text{ грн.}$

Додаткова заробітна плата визначається за формулою:

$$Z_{\text{доп}} = 9\% \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (5.10)$$

Тоді:

$$\text{Додаткова заробітна плата ІТР: } Z_{\text{осн}}^{\text{ІТР}} = 0,09 \cdot 20000 = 1800 \text{ грн.}$$

Додаткова заробітна плата ЛКП:  $З_{\text{осн}}^{\text{ЛКП}} = 0,09 \cdot 16000 = 1440$  грн.

Додаткова заробітна плата МОП:  $З_{\text{осн}}^{\text{МОП}} = 0,09 \cdot 10000 = 900$  грн.

Відрахування на соціальне страхування визначається за формулою:

$$З_{\text{від}} = (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) \cdot 27\%, \quad (5.11)$$

Тоді:

$$З_{\text{від}}^{\text{ІТП}} = 0,27 \cdot 21800 = 5886 \text{ грн.}$$

$$З_{\text{від}}^{\text{ЛКП}} = 0,27 \cdot 17440 = 4708,8 \text{ грн.}$$

$$З_{\text{від}}^{\text{МОП}} = 0,27 \cdot 10900 = 2943 \text{ грн.}$$

Загальна зарплата ІТП, ЛКП і МОП для базового варіанту визначиться як:

$$З_{\text{заг}}^{\text{ІТП}} = 2 \cdot [(20000 + 1800) - 5886] = 31828 \text{ грн.}$$

$$З_{\text{заг}}^{\text{ЛКП}} = 2 \cdot [(16000 + 1440) - 4708,8] = 25462,4 \text{ грн.}$$

$$З_{\text{заг}}^{\text{МОП}} = 1 \cdot [(10000 + 900) - 2943] = 7957 \text{ грн.}$$

Загальна зарплата ІТП, ЛКП і МОП для пропонованого варіанту визначиться як:

$$З_{\text{заг}}^{\text{ІТП}} = 1 \cdot [(20000 + 1800) - 5886] = 15914 \text{ грн.}$$

$$З_{\text{заг}}^{\text{ЛКП}} = 1 \cdot [(16000 + 1440) - 4708,8] = 12731,2 \text{ грн.}$$

$$З_{\text{заг}}^{\text{МОП}} = 1 \cdot [(10000 + 900) - 2943] = 7957 \text{ грн.}$$

*Складання кошторису витрат на утримання і експлуатацію устаткування.*

Річна сума амортизації обладнання визначається за формулою:

$$A_i = K_i \cdot H_i, \quad (5.13)$$



де  $K_i$  – балансова вартість  $i$ -го виду основних фондів, тис. грн.;

$H_i$  – річна норма амортизації основних фондів,  $H_i = 0,05$ ;

Річна сума амортизації обладнання для базового варіанту становить:

$$A_B = 13700 \cdot 0,05 = 685 \text{ тис. грн.}$$

Річна сума амортизації обладнання для пропонованого варіанту становить:

$$A_{\Pi} = 13400 \cdot 0,05 = 670 \text{ тис. грн.}$$

Експлуатація обладнання включає в себе:

Вартість допоміжних матеріалів визначаються як:

$$C_{\text{вм}} = 0,02 \cdot K_i. \quad (5.14)$$

Для базового варіанту:  $C_{\text{вм}} = 0,02 \cdot 13700 = 274$  тис. грн.

Для пропонованого варіанту:  $C_{\text{вм}} = 0,02 \cdot 13400 = 268$  тис. грн.

Основна і додаткова зарплата робітників, які обслуговують обладнання

Тарифний фонд основної зарплати для почасових, які обслуговують обладнання, визначається за формулою:

$$I_{\text{поч}} = F_e \cdot \sum_{i=1}^n P_{\text{поч}} \cdot C_{\text{поч}i}, \quad (5.15)$$

де  $C_{\text{поч}i}$  – годинна тарифна ставка почасових  $i$ -го розряду, грн/год.

Для базового варіанту:  $I_{\text{почосн}} = 1800 \cdot 5 \cdot 120 = 1080$  тис. грн.

Для пропонованого варіанту:  $I_{\text{почосн}} = 1800 \cdot 3 \cdot 120 = 648$  тис. грн.

Тарифний фонд додаткової зарплати для почасових, які обслуговують обладнання, визначається за формулою:

$$I_{\text{почдод}} = 0,09 \cdot I_{\text{почосн}}. \quad (5.16)$$

Для базового варіанту:  $I_{\text{почдод}} = 0,09 \cdot 1080 = 97,2$  тис. грн.

Для пропонованого варіанту:  $I_{\text{почдод}} = 0,09 \cdot 648 = 58,3$  тис. грн.

Тарифний фонд загальної зарплати для почасових, які обслуговують обладнання, визначається за формулою:

$$I_{\text{почзаг}} = I_{\text{почосн}} + I_{\text{почдод}}. \quad (5.17)$$

Для базового варіанту:  $I_{\text{почзаг}} = 1080 + 97,2 = 1177,2$  тис. грн.

Для пропонованого варіанту:  $I_{\text{почзаг}} = 648 + 58,3 = 706,3$  тис. грн.

Єдиний соціальний податок на основну і додаткову зарплату робітників, які обслуговують обладнання:

$$H_{\text{почотч}} = 0,27 \cdot I_{\text{почзаг}}. \quad (5.18)$$

Для базового варіанту:  $H_{\text{почотч}} = 0,27 \cdot 1177,2 = 317,8$  тис. грн.

Для пропонованого варіанту:  $H_{\text{почотч}} = 0,27 \cdot 706,3 = 190,7$  тис. грн.

*Вартість енергії.*

Вартість силової енергії:

$$C_E = \sum_{i=1}^n \Phi_d \cdot K_z \cdot P_y \cdot C_{CE}, \quad (5.19)$$

де  $P_y$  – встановлена потужність окремих струмоприймачів, кВт;

$C_{CE}$  – вартість одного кВт силової електроенергії,  $C_{CE} = 100$  грн/кВт.

Для базового варіанту:

$$C_E = 2040 \cdot 0,72 \cdot 13 \cdot 100 + 2040 \cdot 0,6 \cdot 70 \cdot 100 + 2040 \cdot 0,65 \cdot 40,5 \cdot 100 \\ + 2040 \cdot 0,68 \cdot 25,2 \cdot 100 + 2040 \cdot 0,69 \cdot 33 = 23988,5 \text{ тис. грн.}$$

Для пропонованого варіанту:

$$C_E = 2040 \cdot 0,72 \cdot 13 \cdot 100 + 2040 \cdot 0,7 \cdot 55 \cdot 100 + 2040 \cdot 0,65 \cdot 40,5 \cdot 100 \\ + 2040 \cdot 0,68 \cdot 25,2 \cdot 100 + 2040 \cdot 0,69 \cdot 33 = 23274,56 \text{ тис. грн.}$$

Вартість стисненого повітря:

$$C_{CB} = \sum_{i=1}^n C_{пр} \cdot Q_{ст.п} \cdot \Phi_d \cdot K_3 \cdot C_{пов}, \quad (5.20)$$

де  $Q_{ст.п}$  – витрата стисненого повітря в годину,  $Q_{ст.п} = 1,8 \text{ м}^3/\text{год}$ ;

$C_{пов}$  – вартість  $\text{м}^3$  стисненого повітря,  $C_{пов} = 145 \text{ грн}/\text{м}^3$ .

Для базового варіанту:

$$C_{CB} = 851,9 + 266,2 + 905,1 + 638,9 = 2662,1 \text{ тис. грн.}$$

Для пропонованого варіанту:

$$C_{CB} = 638,9 + 266,2 + 638,9 = 1544 \text{ тис. грн.}$$

Вартість води на виробничі потреби:

$$C_{ВП} = \sum_{i=1}^n C_{пр} \cdot Q_{ВП} \cdot Z \cdot K_3 \cdot C_{вод}, \quad (5.21)$$

де  $Q_{ВП}$  – річна витрата води на один верстат,  $Q_{ВП} = 10 \text{ м}^3/\text{год}$ ;

$C_{вод}$  – вартість  $\text{м}^3$  води,  $C_{вод} = 220 \text{ грн}/\text{м}^3$ ;

$Z$  – кількість змін роботи,  $Z=1$ .

Для базового варіанту:

$$C_{ВП} = 3,52 + 1,1 + 3,7 + 2,6 = 10,92 \text{ тис. грн.}$$

Для пропонованого варіанту:

$$C_{ВП} = 2,6 + 1,1 + 2,6 = 6,3 \text{ тис. грн.}$$

Поточний ремонт основних виробничих фондів:

$$C_{РО} = 0,03 \cdot K_{\text{бал.}} \quad (5.22)$$

Для базового варіанту:  $C_{РО} = 0,03 \cdot 13700 = 411$  тис. грн.

Для пропонованого варіанту:  $C_{РО} = 0,03 \cdot 13400 = 402$  тис. грн.

Внутрішньозаводське переміщення вантажів:

$$C_{ПГ} = 1,4 \cdot I_{\text{поч.заг.}} \quad (5.23)$$

Для базового варіанту:  $C_{ПГ} = 1,4 \cdot 1177,2 = 1648,1$  тис. грн.

Для пропонованого варіанту:  $C_{ПГ} = 1,4 \cdot 706,3 = 988,8$  тис. грн.

Знос малоцінних і швидкозношуваних інструментів, пристосувань:

$$C_I = 0,5 \cdot K_{\text{пр}}, \quad (5.24)$$

де  $K_{\text{пр}}$  – вартість інвентарю і пристосувань (табл. 5.7)

Для базового варіанту:  $C_I = 0,5 \cdot 509,5 = 254,8$  тис. грн.

Для пропонованого варіанту:  $C_I = 0,5 \cdot 1539,1 = 769,6$  тис. грн.

Інші витрати, складають 5 % від попередніх витрат.

Розрахункові дані за базовим і пропонованим варіантам зводимо в табл. 5.9

Таблиця 5.9 - Кошторис витрат на утримання і експлуатацію устаткування

Найменування статей витрат	Одиниця виміру	Величина витрат, тис. грн.	
		за базовим варіантом	за пропонуваним варіантом
1. Амортизація устаткування і транспортних засобів	тис. грн.	685	670
2. Експлуатація обладнання	тис. грн.	274	268
3. Поточний ремонт обладнання	тис. грн.	411	402
4. Внутрішньозаводське переміщення вантажів	тис. грн.	1648	989
5. Знос малоцінних і швидкозношуваних інструментів, пристосувань	тис. грн.	254,8	769,6
6. Інші витрати	тис. грн.	70,0	67,1
Всього:	тис. грн.	3342,8	3165,7

*Складання кошторису цехових витрат*

Кошторис цехових витрат включає:

Утримання апарату управління:

Зарплата ІТП, ЛКП:

Загальна зарплата ІТП, ЛКП для базового варіанту:

$$Z_{\text{заг}}^{\text{ІТП,ЛКП}} = 31828 + 25462,4 = 57,290 \text{ тис. грн.}$$

Загальна зарплата ІТП, СКП для пропонуваного варіанту:

$$Z_{\text{заг}}^{\text{ІТП,ЛКП}} = 15914 + 12731,2 = 28,6 \text{ тис. грн.}$$

Відрахування від зарплати ІТП і СКП на соціальні потреби.

Для базового варіанту:

$$Z_{\text{відр}}^{\text{ІТП,ЛКП}} = 11772 + 9417,6 = 21,2 \text{ тис. грн.}$$

Для пропонованого варіанту:

$$Z_{\text{відр}}^{\text{ІТП,ЛКП}} = 5886 + 4708,8 = 10,6 \text{ тис. грн.}$$

Зміст іншого персоналу:

Зарплата допоміжних робітників, МОП.

Для базового варіанту:

$$Z_{\text{заг}}^{\text{Доп.роб,МОП}} = 7,9 + 1177,2 = 1185,1 \text{ тис. грн.}$$

Для пропонованого варіанту:

$$Z_{\text{заг}}^{\text{Доп.роб,МОП}} = 7,9 + 706,3 = 714,2 \text{ тис. грн.}$$

Відрахування.

Для базового варіанту:

$$Z_{\text{відр}}^{\text{Доп.роб,МОП}} = 2,9 + 317,8 = 320,7 \text{ тис. грн.}$$

Для пропонованого варіанту:

$$Z_{\text{відр}}^{\text{Доп.роб,МОП}} = 2,9 + 190,7 = 193,6 \text{ тис. грн.}$$

Амортизація

Будівель та споруд

Для базового варіанту:

$$A_{\text{буд}} = 0,05 \cdot 851,7 = 42,6 \text{ тис. грн.}$$

Для пропонованого варіанту:

$$A_{\text{буд}} = 0,05 \cdot 564,8 = 28,2 \text{ тис. грн.}$$

Виробничо-господарський інвентар

Для базового варіанту:

$$A_{\text{В-ГІ}} = 0,05 \cdot 255,5 = 12,8 \text{ тис. грн.}$$

Для пропонованого варіанту:

$$A_{\text{В-ГІ}} = 0,05 \cdot 770 = 38,5 \text{ тис. грн.}$$

Утримання будинків, споруд, інвентарю:

Допоміжні матеріали.

Для базового варіанту:

$$C_{\text{ВСМ}} = 0,03 \cdot 564,8 = 16,9 \text{ тис. грн.}$$

Для пропонованого варіанту:

$$C_{\text{ВСМ}} = 0,03 \cdot 564,8 = 16,9 \text{ тис. грн.}$$

Електроенергія.

Для базового варіанту:

$$C_{\text{СЕ}} = 0,01 \cdot 20542,8 = 205,4 \text{ тис. грн.}$$

Для пропонованого варіанту:

$$C_{\text{СЕ}} = 0,01 \cdot 11770,8 = 117,7 \text{ тис. грн.}$$

Пар.

Для базового варіанту:

$$C_{\text{пар}} = 0,01 \cdot 851,7 = 8,5 \text{ тис. грн.}$$

Для пропонованого варіанту:

$$C_{\text{пар}} = 0,01 \cdot 564,8 = 5,6 \text{ тис. грн.}$$

Вода.

Для базового варіанту:

$$C_{\text{вода}} = 0,013 \cdot 851,7 = 11,1 \text{ тис. грн.}$$

Для пропонованого варіанту:

$$C_{\text{вода}} = 0,013 \cdot 564,8 = 7,3 \text{ тис. грн.}$$

Поточний ремонт будівель, споруд, інвентарю.

Для базового варіанту:

$$C_{\text{рем}} = 0,01 \cdot 1107,2 = 11,1 \text{ тис. грн.}$$

Для пропонованого варіанту:

$$C_{\text{рем}} = 0,01 \cdot 1334,8 = 13,3 \text{ тис. грн.}$$



Витрати на випробування, досліди і т.п. приймаємо в розмірі 1 % від зарплати ІТП:

Для базового варіанту:

$$C_{\text{вип}} = 0,01 \cdot 31828 = 0,3 \text{ тис. грн.}$$

Для пропонованого варіанту:

$$C_{\text{вип}} = 0,01 \cdot 15,9 = 0,16 \text{ тис. грн.}$$

Охорона праці.

Для базового варіанту:

$$C_{\text{оп}} = 0,02 \cdot 6201917,3 = 124038,3 \text{ тис. грн.}$$

Для пропонованого варіанту:

$$C_{\text{оп}} = 0,02 \cdot 4235182,5 = 84703,7 \text{ тис. грн.}$$

Знос малоцінного обладнання та інвентарю

Для базового варіанту:

$$C_{\text{зн}} = 0,01 \cdot 254,8 = 2,6 \text{ тис. грн.}$$

Для пропонованого варіанту:

$$C_{\text{зн}} = 0,01 \cdot 769,6 = 7,6 \text{ тис. грн.}$$

Кошторис цехових витрат наведений в табл. 5.10.

Таблиця 5.10 - Кошторис цехових витрат

Найменування статей витрат	Одиниця виміру	Величина витрат, тис. грн.	
		по базовому варіанту	по пропонуваному варіанту
1. Утримання апарату управління:	тис. грн.		
1.1. Зарплата ІТП, ЛКП		57,3	28,6
1.2. Відрахування		21,2	10,6
2. Зміст іншого персоналу:	тис. грн.		
2.1. Зарплата допоміжних робітників, МОП		1185,1	714,2
2.2. Відрахування		320,7	193,6
3. Амортизація	тис. грн.		
3.1. Будівель та споруд		42,6	28,2
3.2. Виробничо-господарського інвентарю		12,8	38,5
4. Утримання будинків, споруд, інвентарю:	тис. грн.		
4.1. Допоміжні матеріали		25,6	16,9
4.2. Електроенергія		205,4	117,7
4.3. Пар		8,5	5,6
4.4. Вода		11,1	7,3
5. Поточний ремонт будівель, споруд, інвентарю	тис. грн.	11,1	13,3
6. Випробування, досліді і т.п.	тис. грн.	0,3	0,16
7. Охорона праці	тис. грн.	124038,3	84703,7
8. Знос малоцінного обладнання та інвентарю	тис. грн.	2,6	7,6
9. Інші витрати	тис. грн.	1259,4	858,9
Всього:	тис. грн.	127202,0	86744,8

*Розрахунок калькуляції цехової собівартості одиниці продукції*

Розрахунок калькуляції цехової собівартості одиниці продукції зведений в табл. 5.11.

Таблиця 5.11 - Калькуляція цехової собівартості і її структура

Найменування статей витрат	Одиниця виміру	Величина витрат, тис. грн.	
		по базовому варіанту	по пропонуваному варіанту
1. Сировина, вихідні матеріали	тис. грн.	13728	10076
2. Паливо і енергія для технологічних потреб	тис. грн.	23988,5	23274,56
3. Основна зарплата основних робочих	тис. грн.	5706	3603,4
4. Додаткова зарплата основних робочих	тис. грн.	1711,8	1081,2
5. Відрахування на соціальне страхування	тис. грн.	2003	1265
6. Витрати на підготовку і освоєння виробництва	тис. грн.	8745,8	12364,6
7. Знос спеціального інструменту і пристосувань	тис. грн.	24,5	76,9
8. Витрати на утримання і експлуатацію устаткування	тис. грн.	3342,8	3154,7
9. Цехові витрати	тис. грн.	127202,0	86744,8
Всього:	тис. грн.	188832,9	141641,16

*Техніко-економічні показники роботи ділянки*

Техніко-економічні показники роботи ділянки зведені в табл. 5.12.

Таблиця 5.12 - Калькуляція цехової собівартості і її структура

Найменування статей витрат	Одиниця виміру	Величина витрат, тис. грн.	
		по базовому варіанту	по пропонуваному варіанту
1. Річна програма	шт.	9800	9800
2. Трудомісткість одиниці продукції	хв.	43,65	34,64
3. Вартість річного обсягу заготівель	тис. грн.	13728	10076
4. Кількість одиниць технологічного обладнання	шт.	24	22
5. Коефіцієнт завантаження обладнання	%	71	69
6. Виробнича площа	м <sup>2</sup>	310	288
7. Енергія на технологічні цілі	тис. грн.	23988,5	23274,56
8. Амортизаційні відрахування	тис. грн.	685	670
9. Капітальні витрати	тис. грн.	3342,8	3165,7

## Продовження таблиці 5.12

10. Чисельність робітників	люд.	18	14
11. Чисельність основних робочих	люд.	10	8
12. Річний фонд заробітної плати основних робітників	тис. грн.	5706	3603.4
13. Собівартість одиниці продукції	грн.	140	102,8
14. Собівартість річного обсягу продукції	тис. грн.	13728	10076
15. Річний економічний ефект	тис. грн.	36787	
16. Період окупності	год.	1,0	

Розрахунок економічного ефекту[15]:

$$E = (C_6 + E_n \cdot K_6) - (C_n + E_n \cdot K_n), \quad (5.25)$$

де  $C_6$  – собівартість продукції за базовим варіантом, тис. грн.;

$C_n$  – собівартість продукції за пропонованим варіантом тис. грн.;

$K_6$  – капітальні витрати за базовим варіантом, тис. грн.;

$K_n$  – капітальні витрати за пропонованим варіантом, тис. грн.;

$E_n$  – нормативний коефіцієнт ефективності,  $E_n = 0,15$ .

$$E = (13728 + 0,15 \cdot 3342,8) - (10076 + 0,15 \cdot 3165,7) = 36787 \text{ грн.}$$

Розрахунок терміну окупності:

$$E_{\text{окуп}} = \frac{K_n - K_6}{C_6 - C_n}, \quad (5.26)$$

$$E_{\text{окуп}} = \frac{3342,8 - 3165,7}{13728 - 10076} = 1 \text{ рік.}$$

## **6 ОХОРОНА ПРАЦІ**

### **6.1 Загальні відомості**

Завдання охорони праці – забезпечити безпеку людині при виробництві. Реальні виробничі умови характеризується наявністю деяких небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

Прикладами небезпечних факторів можуть служити відкриті струмопровідні частини обладнання, рухомі частини машин і механізмів, пристосування для закріплення оброблюваної деталі, ріжучі інструменти, особливо швидко обертаючися фрези, свердла, абразивні круги, стружка, яка утворюється при механообробці. Прикладами шкідливих факторів є шкідливі домішки в повітрі, промениста теплота, недостатнє освітлення, шум, підвищена вага тощо.

Нещасний випадок на виробництві - результат впливу на працівника небезпечного виробничого фактора при виконанні ним трудових обов'язків. Вплив на людину шкідливого виробничого фактора може призвести до професійного захворювання.

Планування ділянки не менш важливо. Верстати не повинні знаходитися близько один до одного. Робітники не повинні відчувати тісноту. При тесноті людина може ненавмисно штовхнути свого сусіда, що може привести до травми. Столи для заготовок та інструменту повинні розташовуватися так, щоб робітник не зачіпав їх і не міг об них спіткнутися. Процес виготовлення деталі, тобто технологічний процес, також може бути причиною травматизму. Має бути дотримана вся технологія в точності, тобто застосовувати верстат, ріжучий інструмент, режими різання і МОР, які записані в документації. Екіпірування робочого також є важливим елементом. Не можна, щоб волосся було розпущено, тому що його може намотати на шпindelь або на інструмент. Забороняється працювати з перев'язкою і в бинтах.

Для запобігання від травм слід дотримуватися правил: не потрапляти рукою в робочу зону; не видаляти вручну стружку, не нахилитися низько в момент різання; не стояти під вантажем в момент його транспортування краном або кран-балкою; захищати очі від попадання стружки очками, а на верстатах з ЧПУ - спеціальними екранами.

Інструктор з техніки безпеки повинен стежити за дотриманням всіх запобіжних заходів, перевіряти і контролювати всі заходи безпеки, проводити інструктаж.

Поліпшення умов праці, підвищення його безпеки впливають на результати виробництва - на продуктивність праці, якість і собівартість продукції, що випускається.

## 6.2 Розрахунок освітлення

Освітлення робочого місця - найважливіший фактор створення нормальних умов праці. Освітлення буває як природне, так і штучне. Штучне освітлення здійснюється за допомогою освітлювальних приладів. Робоче освітлення необхідне для нормальної освітленості на робочому місці при недостатньому природному освітленні в денний і нічний час. Аварійне, евакуаційне та охоронне освітлення не є яскравими, як робоче, але є обов'язковими при проектуванні і подальшої експлуатації механічного цеху з виготовлення даної деталі.

На рис. 6.1 зобразимо план ділянки з попередніми розміщенням світильників.

Вихідні дані:

$A$  - довжина ділянки,  $A = 24$  м;

$B$  - ширина ділянки,  $B = 12$  м;

$h_{pm}$  - висота робочого місця,  $h_{pm} = 0,8$  м;

$h_c$  - відстань від стелі до світильників,  $h_c = 0,15$ ;

$H$  відстань від підлоги до стелі,  $H = 5,2$  м.

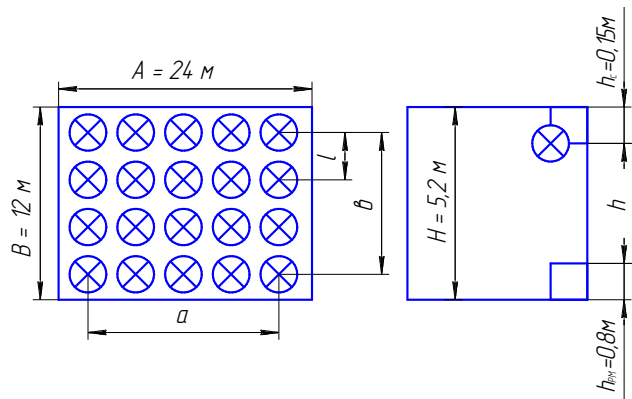


Рисунок 6.1 - План ділянки з попередніми розміщенням світильників.

$h_{pm}$  - висота робочого місця,  $h_c$  - відстань від стелі до світильників,  $h$  - висота підвісу світильників;  $A$  - довжина ділянки,  $B$  - ширина ділянки,  $L_1$  - відстань від стіни до світильників,  $L$  - відстань між світильниками,  $a, b$  - відстань між першим і останнім світильником по довжині і ширині ділянки

Розрахунок освітленості за коефіцієнтом використання.

Висота підвісу світильників:

$$h = H - h_c - h_{pm} = 5,2 - 0,15 - 0,8 = 4,25 \text{ м.} \quad (6.1)$$

Відстань між світильникам для ламп розжарювання:

$$L = 1,8 \cdot h = 1,8 \cdot 4,25 = 7,65 \text{ м} \quad (6.2)$$

Відстань між стіною і світильником:

$$L_1 = 0,5 \cdot L = 0,5 \cdot 7,65 = 3,8 \text{ м} \quad (6.3)$$

Відстань між першим і останнім світильником по довжині і ширині приміщення:

$$a = A - 2 \cdot L_1 = 24 - 2 \cdot 3,8 = 15,4 \text{ м,} \quad (6.4)$$

$$b = B \cdot L_1 = 12 - 2 \cdot 3,8 = 4,8 \text{ м.} \quad (6.5)$$

Число рядів світильників на ділянці:

$$n = \frac{b}{L} + 1 = \frac{10,8}{7,65} + 1 = 3 \text{ шт.} \quad (6.6)$$

Число світильників в ряду:

$$m = \frac{a}{l} + 1 = \frac{76,9}{7,65} + 1 = 11 \text{ шт.} \quad (6.7)$$

Загальна кількість світильників:

$$N = m \cdot n = 3 \cdot 11 = 33 \text{ шт.} \quad (6.8)$$

Площа освітлення приміщення:

$$S = A \cdot B = 24 \cdot 12 = 288 \text{ м}^2. \quad (6.9)$$

Світловий потік розраховується за формулою:

$$F = \frac{E_n \cdot S \cdot Z \cdot K}{N \cdot \eta}, \quad (6.10)$$

де  $E_n$  – нормована мінімальна потужність, лк ( $E_n = 300$  лк для механічних цехів);

$S$  – площа освітлюваного приміщення, м<sup>2</sup>; ( $S = 288$  м<sup>2</sup>);

$Z$  – коефіцієнт що враховує нерівномірність освітлення, ( $Z = 1,1$ );

$K$  – коефіцієнт запасу ( $K = 1,3$ );

$N$  – число світильників в приміщенні, шт;

$\eta$  – коефіцієнт використання світлового потоку ламп.



Коефіцієнт використання світлового потоку ламп залежить від ККД і кривої розподілу сили світла світильника, коефіцієнта відображення стелі  $\eta_n$  і стін  $\eta_c$ , висоти підвісу світильників і показника приміщення  $i$ .

Показник приміщення:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A+B)} = \frac{24 \cdot 12}{4,25 \cdot (24+12)} = 0,94. \quad (6.11)$$

Коефіцієнт відбиття стін  $\eta_c = 30\%$  - бетонні з вікнами, стелі  $\eta_n = 30\%$  - брудний бетонний.

Виходячи з цих даних, коефіцієнт використання світлового потоку складе:  $\eta = 0,58$ .

Світловий потік світильників:

$$F = \frac{300 \cdot 288 \cdot 1,1 \cdot 1,3}{33 \cdot 0,58} = 6455,7 \text{ лм.}$$

Вибираємо лампу Г215 - 225 - 1000, де перші два числа - діапазон допустимих напружень, В. Останнє число - потужність, Вт.

З розрахунку  $F$  визначаємо потужність електролампи  $W$  і її світловий потік  $F_L$ :

$$U = 220 \text{ В}; F_L = 19600 \text{ лм}; W = 1000 \text{ Вт.}$$

Фактична освітленість:

$$E_\Phi = \frac{F_L \cdot N}{K \cdot S \cdot Z} = \frac{19600 \cdot 33}{1,3 \cdot 288 \cdot 1,1} = 347 \text{ лк.} \quad (6.12)$$

Фактична освітленість задовольняє нормативні вимоги приймаємо кількість світильників 33 шт.

### 6.3 Мікроклімат

Мікроклімат на робочому місці в виробничих приміщеннях визначається температурою повітря, відносною вологістю, швидкістю руху повітря, барометричним тиском і інтенсивністю теплового випромінювання від нагрітих поверхонь.

Відповідно до ГОСТ 12.1005-76 значення температури, відносної вологості та швидкості руху повітря встановлюється в робочій зоні в залежності від категорії тяжкості виконуваних робіт, величини надлишків явного тепла виділяється в приміщенні. Розрізняють незначний надлишок явного тепла, де надлишок тепла не перевищує 20 ккал/год на 1 м<sup>3</sup> повітря, і значний надлишок (більше 20 ккал/год на 1 м<sup>3</sup>).

Під явним теплом розуміють тепло, яке надходить до приміщення від обладнання, опалювальних приладів, нагрітих матеріалів, які впливають на температуру в приміщенні.

Тепловиділення в виробничих приміщеннях від обладнання приводиться в рух електродвигуном:

$$Q_{\text{ел.ст}} = N_{\text{ср}} \cdot K_{\text{сн}} \cdot K_m \cdot (1 - K_n \cdot \eta) \cdot 10^3, \quad (6.13)$$

де:  $N_{\text{ср}}$  – середня номінальна потужність, ( $N_{\text{ср}} = 10 \text{ кВт}$ );

$K_{\text{сн}}$  – коефіцієнт, що враховує використання електроенергії, ( $K_{\text{сн}} = 0,2$  для великосерійного виробництва);

$K_m$  – коефіцієнт, що враховує передачу тепла мастильно-охолоджуючих рідин ( $K_m = 1$ );

$K_n$  – коефіцієнт, що враховує повноту завантаження устаткування, ( $K_n = 1$ );

$\eta$  – ККД обладнання, ( $\eta = 0,85$ ).

$Q_{\text{ел.ст}} = 10 \cdot 0,2 \cdot 0,9 \cdot (1 - 1 \cdot 0,85) \cdot 10^3 = 270 \text{ Вт}$  – припадають на 1 верстат.

$$Q_{\text{заг}} = 270 \cdot 23 = 6210 \text{ Вт на 23 верстата.}$$

Переводимо в ккал:

$$Q_{\text{ел.ст}} = 6210 \cdot 1,163 = 7222,23 \text{ ккал/год.}$$

Знаходимо обсяг ділянки:

$$V_{\text{діл}} = S \cdot H = 288 \cdot 5,2 = 1497 \text{ м}^3. \quad (6.14)$$

Кількість тепла, який припадає на 1 м<sup>3</sup>:

$$Q_{1\text{м}^3} = \frac{Q_{\text{ел.ст}}}{V_{\text{діл}}} = \frac{7222,23}{1497} = 4,9 \text{ ккал/год.} \quad (6.15)$$

Так само тепло, яке перебуває на ділянці, дають лампи розжарювання.

Кількість тепла що дається світильниками:

$$Q_{\text{л}} = Q \cdot N = 200 \cdot 33 = 6600 \text{ Вт} = 6600 \cdot 1,163 = 7675,8 \text{ ккал/год,}$$

де  $Q$  - потужність електроламп, ( $Q = 200 \text{ Вт}$ ).

Кількість тепла, який припадає на 1 м<sup>3</sup> :

$$Q_{1\text{м}^3} = \frac{7675,8}{1497} = 5,1 \text{ ккал/год.}$$

Загальна кількість тепла від верстатів і від ламп:

$$Q_{\text{заг}} = 4,9 + 5,1 = 10 \text{ ккал/год.}$$

Виходячи з розрахунків, приміщення вийшло холодним, тому що  $Q_{\text{общ}} < Q_{\text{норм}} = 2,0 < 20 \text{ ккал/год}$ , отже тепло виробляється обладнанням і лампами недостатнє тому ділянку необхідно обладнати радіаторами.

Залежно від теплоносія системи опалення бувають водяні, парові, повітряні і комбіновані.

Розрахунок опалення:

Кількість теплоти виходить через стіни цеху:

$$Q = \Sigma F \cdot k \cdot n \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}), \quad (6.16)$$

де  $F$  – площа стін ділянки,  $F = 1060 \text{ м}^2$ ;

$k$  – частка тепла, що надходить в приміщення;

$t_{\text{н}}$  - зовнішня температура  $t_{\text{н}} = -35^\circ$ ;

$t_{\text{в}}$  - внутрішня температура  $t_{\text{в}} = 18^\circ$ ,

$$k = \frac{1}{R_{\text{в}} + R_{\text{н}} + \delta/\lambda}, \quad (6.17)$$

де  $R_{\text{в}}$ ,  $R_{\text{н}}$  – значення термічного опору;

$\delta$  – товщина стіни,  $\delta = 0,51 \text{ м}$ ;

$\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності матеріалу,  $\lambda = 1,2 \text{ ккал/м}\cdot\text{градус}$ .

$$k = \frac{1}{0,05 + 0,05 + 0,51/1,2} = 7,69 \text{ ккал/год} \cdot \text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}.$$

$$Q = 1060 \cdot 7,69 \cdot 0,7 \cdot (18 - (-35)) = 302645,3 \text{ ккал/год}.$$

Тепло, що виділяється джерелом обігріву:

$$q_{\text{екм}} = 7,98 \cdot (\Delta t - 10) \cdot a, \quad (6.18)$$

де  $\Delta t$  – різниця температур всередині обігрівача і всередині приміщення;

$a$  – значення, залежне від розходу води.

$$G = \frac{7,98 \cdot (\Delta t - 10)}{\Delta T_{\text{пр}} \cdot 17,4}, \quad (6.19)$$

де  $\Delta T_{np}$  – різниця температур всередині і зовні обігрівача;

$$\Delta T_{np} = 115 - 50 = 65 \text{ } ^\circ\text{C},$$

де  $50 \text{ } ^\circ\text{C}$  – вода, яка виходить з обігрівача.

$$G = \frac{7,98 \cdot (115 - 18 - 10)}{65 \cdot 17,4} = 0,61 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Вибираємо коефіцієнт  $a = 0,93$ , звідси:

$$q_{\text{екм}} = 7,98 \cdot (115 - 18 - 10) \cdot 0,93 = 645,66 \text{ ккал/год.}$$

$$F_{\text{розр}} = \frac{Q}{q_{\text{екм}}} = \frac{302645,3}{645,66} = 468,7 \text{ м}^2. \quad (6.20)$$

Площа нагрівального приладу:

$$S_{\text{екм}} = 2,2 \cdot 1,0 = 2,2 \text{ м}^2.$$

Кількість обігрівачів, необхідне для нагрівання даного приміщення:

$$n = \frac{F_{\text{розр}}}{S_{\text{екм}}} = \frac{468,7}{2,2} = 213 \text{ шт.} \quad (6.21)$$

Для обігріву приміщення потрібно 213 обігрівачів. Обігрівачі маємо в два ряди у висоту і по два від стіни.

#### 6.4 Шкідливі речовини

Повітря робочої зони рідко має склад, який не шкодить людському організму, так як багато технологічних процесів супроводжуються

виділенням в повітря виробничих приміщень шкідливих речовин-парів, газів, твердих і рідких частинок.

Нормування вмісту шкідливих речовин в повітрі робочої зони.

За ГОСТ 12.1.005-88 встановлені гранично допустимі концентрації шкідливих речовин  $q_{ГДК}$  (мг/м<sup>3</sup>) в повітрі робочої зони виробничих приміщень.

Шкідливі речовини за ступенем впливу на організм людини поділяються на такі класи:

1-й - надзвичайно небезпечні ( $ГДК < 0,01$  мг/м<sup>3</sup>): сплави з добавкою берилію, кадмій, ванадій ванадій та його сполуки.

2-й - високонебезпечні ( $0,01 < ГДК < 0,1$  мг/м<sup>3</sup>): оксиди азоту, нікель, марганець і їх з'єднання.

3-й - помірно небезпечні ( $0,1 < ГДК < 0,5$  мг/м<sup>3</sup>): кремній та його сполуки, їдкі луги, окис алюмінію.

4-й - малонебезпечні ( $ГДК > 0,5$  мг/м<sup>3</sup>): чавун, окис вуглецю, корунд.

ГДК для всіх шкідливих речовин встановлені ГОСТ 12.1.005-88[13].

Інтенсивність пилоутворення на верстатах залежить від режимів різання, наприклад, в табл. 1 розглянуто кількість пилу на робочих місцях, що виділяється при обробці сірого чавуну.

Крім пилу при металообробці виділяються аерозолі, МОР (емульсоли, масла і т.д.)

Таблиця 6.1 - Питоме виділення аерозолів при механічній обробці

Обладнання	Аерозолі (мастила), г/ч	Аерозолі (емульсоли), мг/ч
Токарні верстати	0,1-2,8	4-88
Вертикально-свердлильні	0,2-2	60-63
Фрезерні	0,6-2,8	17-88
Круглошліфувальні	21-300	115-1650

Захист робочого від впливу парів, пилу та інших шкідливих речовин здійснюється низкою заходів, деякі з них слід застосовувати комплексно. До заходів захисту відносяться:

- Механізація автоматизація і процесів (автоматична подача МОР), дистанційне керування ними.

- Удосконалення технологічних процесів та їх раціоналізація (заміна МОР на менш отруйні або тверді мастильні речовини).

- Удосконалення конструкцій устаткування, при яких виключається або різко зменшуються шкідливі виділення в навколишнє середовище, що можливо тільки при герметизації. Рівень герметизації визначається ступенем небезпеки.

- Пристрій місцевої витяжної вентиляції.

- Захист від джерел теплових випромінювань.

- Застосування засобів індивідуального захисту.

Особливі вимоги пред'являються також до пристрою приміщень, в яких ведуться роботи з пилять речовинами. Так, підлоги, стіни, стелі повинні бути гладкими і легко миються. На потокової лінії при обробці тихохідного вала передбачено влаштування місцевої витяжної вентиляції.

Що стосується індивідуальних засобів захисту, то при роботі з забруднюючими речовинами користуються спецодягом: халатами, фартухами. Очі захищають спеціальними окулярами або масками, а так же склом, установленим на корпусі верстата.

## 6.5 Шум

Шум на виробництві завдає великої шкоди, шкідливо діючи на організм людини і знижуючи продуктивність праці. Втома робітників і операторів через сильного шуму збільшує число помилок при роботі.

Шумом є всякий не бажаний для людини звук. Як звуку ми восприймаємо пружні коливання, що поширюються хвилеподібно у твердій, рідкому або газоподібному середовищі.

Захист від шуму має велике значення для забезпечення безпечної праці робітників. Шумові допустимі характеристики описані в ГОСТ 12.1003 – 83[14]. В табл. 6.2 представлені рівні шуму виробничого обладнання.

Таблиця 6.2 - Рівні звукового тиску, що випромінюються обладнанням

Обладнання	Рівні звукового тиску, дБ							
	63 Гц	125 Гц	250 Гц	500 Гц	1000 Гц	2000 Гц	4000 Гц	8000 Гц
Токарні	84	93	88	93	94	101	79	73
Свердлильні	81	82	87	88	86	85	91	85
Фрезерні	85	85	80,9	75,9	74,2	70,8	71	75,9
Шліфувальні	84	85	81,9	81,9	81,2	78,8	77	76,9
ГОСТ 121003 - 83	99	92	86	83	80	78	76	74

При порівнянні дійсних рівнів шуму до нормативних бачимо, що, починаючи з 250 Гц, рівні шуму перевищують допустимі норми.

Інтенсивність шуму в приміщеннях залежить не тільки від прямого, але і від відбитого звуку. Тому для зменшення звуку можна використовувати звукопоглинаючі облицювання.

Властивостями поглинання звуку володіють всі будівельні матеріали. Однак звукопоглинальними матеріалами і конструкціями прийнято називати лише ті, у яких коефіцієнт звукопоглинання на середніх частотах більше 0,2.

Процес поглинання звуку відбувається за рахунок переходу енергії вагається частинок повітря в теплоту, де внаслідок втрат на тертя в порах матеріалу. Тому для ефективного звукопоглинання матеріал повинен володіти пористою структурою, при чому пори повинні бути відкриті з боку падіння звуку і з'єднуватися між собою, щоб не перешкоджати проникненню звукової хвилі в товщу матеріалу.

Найбільш часто в якості звукобірної облицювання застосовують конструкції у вигляді шару однорідного пористого матеріалу певної товщини, укріпленого безпосередньо на поверхні огорожі або з віднесенням від нього на деяку відстань. В даний час застосовують такі звукопоглинальні



матеріали, як ультратонкі скловолокно, древоволокністие і мінераловатні плити на різних зв'язках з пофарбованої і профільованою поверхнею.

Звукопоглинальні властивості пористого матеріалу залежать від товщини шару, частоти звуку, наявності повітряного проміжку між шаром і відбиває стінкою, на якій він встановлений.

Практично товщина облицювання становить 20-200 мм, при цьому максимально поглинання забезпечується на середніх і високих частотах.

Розрахунок звукопоглинаючого облицювання:

$$\text{Площа ділянки: } S = A \cdot B = 24 \cdot 12 = 288 \text{ м}^2$$

$$\text{Обсяг приміщення: } V = S \cdot H = 288 \cdot 5,2 = 1457 \text{ м}^3$$

Далі розрахунок буде тільки для частоти 1000 Гц

Постійна акустично необробленого приміщення:

$$B = B_{1000} \cdot \mu, \quad (6.22)$$

де  $B_{1000}$  - постійна приміщення на середнєгеометричній частоті;

$\mu$  - частотний множник,  $\mu = 1$ ,

$$B_{1000} = \frac{V}{20} = \frac{1457}{20} = 72 \text{ м}^2; \quad (6.23)$$

$$B = 393,2 \cdot 1 = 393,2 \text{ м}^2.$$

Загальна площа огорожувальних конструкцій:

$$S = 288 \cdot 2 = 576 \text{ м}^2.$$

Для більшої ефективності, облицюванням покривають стіни і стелю приміщення.

Площа, зайнята облицюванням:

$$S_{obl} = 420 + 1512 = 1932 \text{ м}^2.$$

Величина звукопоглинання огорожувальних приміщень, на яких відсутній облицювання:

$$A_1 = \alpha \cdot (S_{\text{отр}} - S_{\text{обл}}), \quad (6.24)$$

де  $\alpha$  - середній коефіцієнт звукопоглинання в приміщенні до його акустичної обробки:

$$\alpha = \frac{B}{B+S} = \frac{1347,84}{1347,84+10368} = 0,1; \quad (6.25)$$

$$A_1 = 0,1 \cdot (10368 - 5604) = 476,4 \text{ м}^2.$$

Величина звукопоглинання звукопоглинаючими конструкціями:

$$\Delta A = \alpha_{\text{обл}} \cdot S_{\text{обл}}, \quad (6.26)$$

де  $\alpha_{\text{обл}} = 0,91$  – коефіцієнт звукопоглинання конструкції облицювання,

$$\Delta A = 0,91 \cdot 5604 = 5099,6 \text{ м}^2.$$

Середній коефіцієнт звукопоглинання приміщення зі звукопоглинальними конструкціями:

$$\alpha_1 = \frac{A_1 + \Delta A}{S} = \frac{476,4 + 5099,6}{10368} = 0,54. \quad (6.27)$$

Постійна приміщення зі звукопоглощающей облицюванням:

$$B_1 = \frac{A_1 + \Delta A}{(1 - \alpha_1)} = \frac{476,4 + 5099,6}{1 - 0,54} = 12121,7 \text{ м}^2. \quad (6.28)$$

Величина зниження шуму:

$$\Delta L = 10 \cdot \lg \cdot \frac{12121,7}{1347,84} = 20,7 \text{ дБ.} \quad (6.29)$$

Величини максимального зниження шуму і дані для їх розрахунку наведені в табл. 6.3.

Таблиця 6.3 - Величини максимального зниження шуму і дані для їх розрахунку

Найменування величини	Значення величин в октавних частотах							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$\mu$	0,5	0,5	0,55	0,7	1	1,6	3	6
$V, \text{ м}^2$	64,8	64,8	71,28	90,72	389	207,36	388,8	777,6
$\alpha_{\text{обл}}$	0,02	0,05	0,21	0,66	0,91	0,95	0,89	0,7
$\Delta A, \text{ м}^2$	17,04	42,6	178,92	562,32	1037,4	809,4	758,28	596,4
$\alpha$	0,06	0,06	0,07	0,09	0,24	0,18	0,29	0,45
$A_1$	5,04	5,04	5,88	7,56	20,16	15,12	24,36	37,8
$\alpha_1$	0,02	0,05	0,2	0,61	0,86	0,88	0,84	0,68
$A1 + \Delta A$	22,8	47,64	184,8	567,88	1057,5	824,52	782,64	634,2
$1 - \alpha_1$	0,98	0,95	0,8	0,39	0,14	0,12	0,16	0,32
$V_1, \text{ м}^2$	23,2	50,1	231	1456,1	7554	6871	4891,5	1982
$V_1/V$	0,36	0,77	3,24	16,05	19,42	33,14	12,58	2,55
$\Delta L, \text{ дБ}$	-	-	5,1	12,1	29,7	15,2	11	4,1

Рівні звукового тиску після установки звукопоглинаючого облицювання наведені в табл. 6.4.

Таблиця 6.4 - Рівні звукового тиску після установки звукопоглинаючого облицювання

Обладнання	Рівні звукового тиску, дБ							
	63 Гц	125 Гц	250 Гц	500 Гц	1000 Гц	2000 Гц	4000 Гц	8000 Гц
Токарні	84	93	82,9	80,9	64,3	85,8	68	68,9
Свердлильні	81	82	81,9	75,9	56,3	79,8	80	81,9
ГОСТ 121003-83	99	92	86	83	80	78	76	74

У зв'язку з тим, що установка звукоізоляційній облицювання знижує звуковий тиск не нижче допустимого рівня, встановлюємо штучні (об'ємні) поглиначі, що представляють собою об'ємні тіла, заповнені звукоізоляційним

матеріалом і підвішуються до стелі рівномірно по приміщенню на певній висоті.

## **6.6 Електробезпека**

Електричний струм при недотриманні правил і запобіжних заходів може чинити на людей небезпечне і шкідливий вплив, що виявляється у вигляді електротравм та електроударом і професійних захворювань.

Небезпека ураження електричним струмом специфічна, оскільки наявність ураження не може бути виявлено на відстані без спеціальних приладів. Органи почуттів людини дозволяють виявити його лише при контакті з електроустановкою знаходиться під напругою в момент ураження струмом. Тому захист від ураження струмом слід приділяти особливу увагу.

Електробезпека - система організаційних і технічних заходів і засобів, що забезпечують захист людей від шкідливого і небезпечного впливу електричного струму.

При пробі на корпус в ланцюзі короткого замикання виникає великий струм короткого замикання забезпечує швидке перегорання плавких вставок за 5-7 сек. або відключення пошкоджених фаз автоматичними пристроями, що реагують на струм короткого замикання за 1-2 сек. Протягом короткого часу, що визначається швидкістю спрацьовування захисту, людина, що стосується пошкодженого обладнання, потрапляє під фазну напругу. Якщо відсутня заземлення або не спрацьовує захисне заземлення, то людина може бути вражений електричним струмом.

Захисне заземлення - навмисне з'єднання з землею частин обладнання, які не перебувають під напругою в нормальних умовах експлуатації, але деякі можуть виявитися під напругою в результаті порушення ізоляції електроустановки.

Принципова схема захисного заземлення наведена на рис. 6.2.

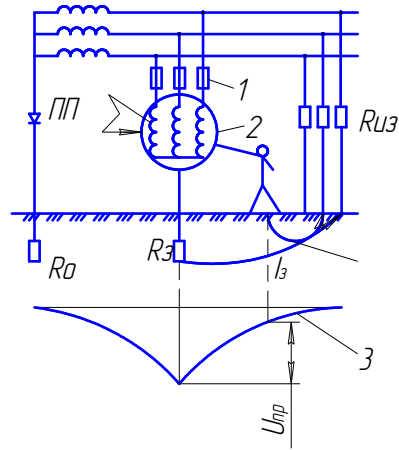


Рисунок 6.2 - Принципова схема захисного заземлення

ПП - пробивний запобіжник;  $R_0$  - заземлення нульової точки трансформатора;  $R_з$  - заземлюючий пристрій;  $R_{из}$  - опір ізоляції;  $U_{пр}$  - напруга дотику;  $I_з$  - струм замикання на землю;  $I_{люд}$  - струм, що протікає через людину; 1 - плавкі вставки; 2 - електродвигун; 3 - графік розподілу потенціалів на поверхні землі

Пристрій заземлення наведений на рис. 6.3.

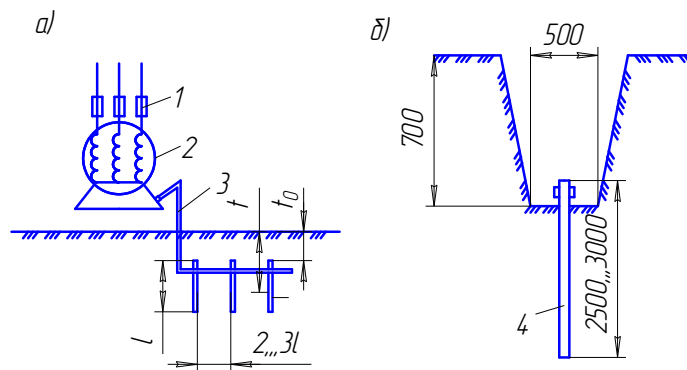


Рисунок 6.3 - Пристрій заземлення

а - схема заземлюючого пристрою; б - розташування одиночного заземлювача; 1 - плавкі вставки; 2 - електродвигун; 3 - сполучна смуга; 4 - трубчастий заземлювач

Згідно з «Правилами улаштування електроустановок» опір захисного заземлення в будь-який час року не повинна перевищувати: 10 Ом при

потужності трансформатора  $N_{\text{тр}} > 100 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ ;  $0,5 \text{ Ом}$  - в установках напругою вище  $1000 \text{ В}$  з великими струмами замикання на землю (більше  $500 \text{ А}$ ).

Проходячи через людину, електричний струм надає термічне, електролітичне і біологічне вплив на різні системи організму. При цьому можуть виникнути порушення діяльності життєво важливих органів людини: мозку, серця і легенів.

Захисного заземлення підлягають корпусу електричних машин, верстати та інше обладнання, а так само колони будівель. В якості заземлювачів зазвичай застосовують труби з  $d = 40\text{-}80 \text{ мм}$  і довжиною  $l = 2\text{-}3 \text{ м}$ .

Розрахунок заземлення:

Згідно ПУЕ опір заземлювача повинно бути не більше  $4 \text{ Ом}$ .

$$R_3 \leq 4 \text{ Ом.}$$

1. Питомий опір ґрунту:

ґрунт - суглинок,  $\rho_{\text{табл}} = 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ .

2. Опір одиночного вертикального заземлювача:

$$R_{\text{в}} = \frac{\rho_{\text{розр}}}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \left( \ln \frac{2 \cdot l}{d} + \frac{1}{2} \cdot \frac{4 \cdot t + l}{4 \cdot t - l} \right), \quad (6.30)$$

де  $t$  – відстань від середини заземлювача до поверхні ґрунту, м;

$l, d$  – довжина і діаметр стрижневого заземлювача, м.

Розрахунковий питомий опір ґрунту:

$$\rho_{\text{розр}} = \rho \cdot \varphi, \quad (6.31)$$

де  $\varphi$  - коефіцієнт сезонності, що враховує можливість підвищення опору ґрунту протягом року, приймаємо  $\varphi = 1,7$ .

Тоді:

$$\rho_{\text{розр}} = 100 \cdot 1,7 = 170 \text{ Ом} \cdot \text{м},$$

$$R_B = \frac{170}{2 \cdot 3,14 \cdot 2,5} \cdot \left( \ln \frac{2 \cdot 2,5}{0,08} + \frac{1}{2} \cdot \frac{4 \cdot 2,05 + 2,5}{4 \cdot 2,05 - 2,5} \right) = 48 \text{ Ом.}$$

Опір сталеві лінії, що з'єднує стрижневі заземлювачі:

$$R_{\Pi} = \left( \frac{\rho_{\text{розр}}}{2 \cdot \pi \cdot l} \right) \cdot \ln \cdot \left( \frac{l^2}{d \cdot t} \right), \quad (6.32)$$

де  $l$  – довжина смуги, м;

$t$  – відстань від смуги до поверхні землі, м;

$d = 0,5 \cdot b$  ( $b=0,08$  – ширина смуги).

Розрахунковий питомий опір ґрунту  $\rho'_{\text{розр}}$  при використанні сполучної смуги у вигляді горизонтального електрода довжиною 50 м. При довжині смуги в 50 м [15]  $\varphi' = 5,9$ , тоді:

$$\rho'_{\text{розр}} = 100 \cdot 5,9 = 590 \text{ Ом} \cdot \text{м};$$

$$R_{\Pi} = \left( \frac{590}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} \right) \cdot \ln \cdot \left( \frac{50^2}{0,04 \cdot 0,8} \right) = 21 \text{ Ом.}$$

Визначаємо орієнтовне число одиночних стрижневих заземлювачів:

$$n = \frac{R_B}{r_3 \cdot \eta_B} = \frac{48}{4 \cdot 1} = 12 \text{ шт.}, \quad (6.33)$$

де  $r_3$  – допустимий за нормами опір заземлювального пристрою;

$\eta_B$  – коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів ( $\eta_B=1$ )

Приймаємо розташування вертикальних заземлювачів по контуру з відстанню між суміжними заземлювачами рівним  $2l$ . За таблицями [15] дійсні значення коефіцієнта використання  $\eta_B$  та  $\eta_r$ , виходячи з прийнятої схеми розміщення вертикальних заземлювачів  $\eta_B = 0,66, \eta_r = 0,39$ .

Необхідна кількість вертикальних заземлювачів:

$$n = \frac{R_B}{r_3 \cdot \eta_B} = \frac{48}{4 \cdot 0,66} \approx 18 \text{ шт.} \quad (6.34)$$

Загальний розрахунковий опір заземлюючого пристрою з урахуванням сполучної смуги:

$$R = \frac{R_d \cdot R_{\Pi}}{R_d \cdot \eta_r + R_{\Pi} \cdot \eta_B \cdot n} = \frac{48 \cdot 21}{84 \cdot 0,39 + 21 \cdot 0,66 \cdot 18} = 3,57 \text{ Ом.} \quad (6.35)$$

Правильно розраховане заземлюючих пристроїв повинно відповідати умові  $R \leq r$ . Розрахунок виконаний, вірно, так як  $3,57 < 4$ . Отже, захист від ураження струмом забезпечена, тому що опір заземлювача не перевищує 4 Ом.

## 6.7 Пожежна безпека

Поняття пожежна безпека означає стан об'єкта, при якому виключається можливість пожежі. У разі виникнення пожежі в першу чергу необхідно запобігти впливу його на людей і забезпечити захист матеріальних цінностей, що знаходяться в зоні горіння або поблизу від неї.

Підприємства машинобудівної промисловості нерідко відрізняються підвищеною пожежною небезпекою, так як характеризує складність виробничих установок, значна кількість легкозаймистих та горючих рідин, скраплених горючих газів, твердих горючих матеріалів, велика кількість ємностей і апаратів, в яких знаходиться пожежонебезпечні продукти під тиском; розгалужена мережа трубопроводів з запірно-пусковий і регулюючою арматурою; велика оснащеність електроустановками.

Основні причини пожеж, що виникають на машинобудівних підприємствах: порушення технологічного режиму, несправність електроустаткування (коротке замикання, перевантаження і великі перехідні



опори), погана підготовка обладнання до ремонту, недотримання графіка планового ремонту, знос і корозія устаткування, ремонт обладнання на ходу.

Всі провадження у пожежовибухонебезпеки поділяють на шість категорій: А, Б, В, Г, Д, Е. До найбільш небезпечним, в плані пожежної безпеки відносяться виробничі приміщення, що належать до категорії А (акумуляторне відділення, малярське відділення, склади ПММ). На підставі категорій визначають: поверховість будівлі, ступінь вогнестійкості середніх конструкцій, склад і кількість засобів пожежогасіння, систему опалення, вентиляцію і т.д.

До числа організаційних заходів щодо забезпечення пожежної безпеки відносяться навчання робітників і службовців правилам пожежної безпеки, розробка і впровадження норм і правил пожежної безпеки, інструкцій про порядок роботи з пожежонебезпечними речовинами і матеріалами, організація пожежної охорони об'єкта.

Начальник ділянки зобов'язаний дотримуватися на ввіреній йому ділянці роботи відповідний протипожежний режим, забезпечити справне утримання та постійну готовність до дії наявних засобів пожежогасіння, зв'язку та сигналізації.

Кожен працівник при пожежі або загорянні зобов'язаний негайно повідомити про це в пожежну охорону і приступити до гасіння вогнища пожежі наявними на ділянці або робочому місці засобами пожежогасіння (вогнегасником, піском і т.п.) і викликати до місця пожежі начальника ділянки або інша посадова особа.

При виникненні пожежі треба організувати порятунок людей, використовуючи для цього наявні кошти: при необхідності викликати медичну та інші служби; припинити всі роботи, не пов'язані з заходами щодо ліквідації пожежі: забезпечити захист людей, які беруть участь в гасінні пожежі, від можливих обвалів конструкцій, уражень електричним струмом, отруєнь, опіків.

Після прибуття підрозділів пожежної охорони представник адміністрації підприємства, який керував гасінням пожежі, зобов'язаний повідомити начальнику підрозділу пожежної охорони необхідні відомості про вогнище пожежі; заходи, вжиті за його ліквідації, а також про наявність у приміщеннях людей, зайнятих ліквідацією пожежі.

Для гасіння пожежі зазвичай використовують воду, водяну пару або спеціальні хімічні речовини. Однак воду не можна застосовувати для гасіння легкозаймистих рідин (бензину, гасу, бензолу і т.п.), так як, маючи велику щільність, вода накопичується внизу цих рідин, значно збільшуючи цим самим поверхню, що горить. Не можна гасити водою також такі речовини, як карбід кальцію або селітру, які виділяють при контакті з водою горючі речовини. Не можна застосовувати воду і для гасіння пожежі в електроустановках, що знаходяться під напругою, щоб уникнути ураження електричним струмом.

Для гасіння пожежі в електричному цеху призначені 2 порошкових вогнегасника ОДУ, а також ящик з піском об'ємом 0,06 м<sup>3</sup>. Так само застосовуються автоматичні установки пожежогасіння[16].

## **7 ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ХОДОВИХ ГВИНТІВ В МЕТАЛОРІЗАЛЬНИХ ВЕРСТАТАХ**

Ходові гвинти верстатів служать для перетворення обертального руху в поступальний прямолінійний рух за допомогою сполученої з ним гайки різних деталей і вузлів верстата (супортів, кареток, фартухів тощо) із заданою точністю.

Ходові гвинти в залежності від ступеня точності переміщення, яку вони забезпечують, і групи точності верстатів ділять на п'ять класів: 0, 1, 2, 3 і 4. У металорізальних верстатах в залежності від групи їх точності в основному застосовуються ходові гвинти 0-2-го класів точності.

Профіль різьби ходових гвинтів може бути трапецевидним, прямокутним і трикутним. Найбільше застосування знаходять ходові гвинти з трапецевидним різьбленням, який міцніше прямокутної і дозволяє за допомогою розрізної гайки регулювати осьові зазори. Крім того, нарізування і шліфування трапецеїдальної різьби значно простіше, ніж нарізування і шліфування прямокутної. Однак відхилення переміщення, обумовлені радіальним биттям ходового гвинта, значно менше, якщо різьблення прямокутні, ніж в разі трапецеїдальних різьб, тому прямокутні різьби застосовують іноді для особливо точних переміщень.

Ходові гвинти володіють недостатньою жорсткістю, так як зазвичай їх довжина у багато разів перевершує діаметр, тому при їх обробці під впливом сил різання, а також під впливом власної ваги виникають деформації. Все це створює певні труднощі при виготовленні цих гвинтів і зумовлює вибір матеріалу і технологічний процес.

В даний час в верстатобудуванні, особливо в верстатах з ЧПУ, стали застосовувати гвинтові пари кочення, що складаються з ходового гвинта і гайки, сполучення між якими створюється за допомогою кульок. Така гвинтова пара не є самогальмуючою і може застосовуватися як для перетворення обертового руху в поступальний, так і навпаки.

Технічні вимоги до ходових гвинтів пар кочення в основному ті ж, що і до ходових гвинтів ковзання. Наприклад, найбільша накопичена похибка кроку різьби гвинта не повинна перевищувати відхилень 6 мкм для гвинтів 1-го класу точності на довжині 100 мм[17].

До матеріалу для ходових гвинтів пред'являються вимоги високої зносостійкості, гарної оброблюваності і стану стабільної рівноваги внутрішніх напружень після обробки, щоб уникнути деформування при експлуатації.

Ходові гвинти ковзання 0-2-го класів точності без термічного зміцнення виготовляють зазвичай з сталей А40Г по ГОСТ 1414-78 і У10А по ГОСТ 1435-78. Ходові гвинти ковзання 0-2-го класів точності з зміцнюючим об'ємним загартуванням (в основному для прецизійних верстатів) виготовляють з сталей ХВГ, 7ХГ2ВМ, 40ХФА (менш схильна до деформації при азотуванні) тощо.

Сталі У10А і У12А добре обробляються, відрізняються високою зносостійкістю і за певних умов термічної обробки не дають значних залишкових деформацій. Заготівки піддають відпалу до отримання структури зернистого перліту і твердості НВ 170-187.

Ходові гвинти пар кочення виготовляють з легованої сталі ХВГ або азотуючої сталі 30Х3ВА і піддають термічній обробці до  $HRC_e$  59...63.

Ходові гвинти можуть містити різні поверхні (рис. 7.1.): опорні шийки (Б, В) і упорні буртики (Г), які служать для установки ходового гвинта в отвір вихідного вала коробки подач і в підшипник ковзання (права опора); різьбову поверхню (Д), яка служить для безпосереднього з'єднання з сполученою гайкою і перетворення руху; посадочні шийки (А) для установки зубчастих коліс і шківів, які служать для передачі крутного моменту на гвинт за допомогою шліцьових поверхонь, пазів шпон, поперечних отворів.

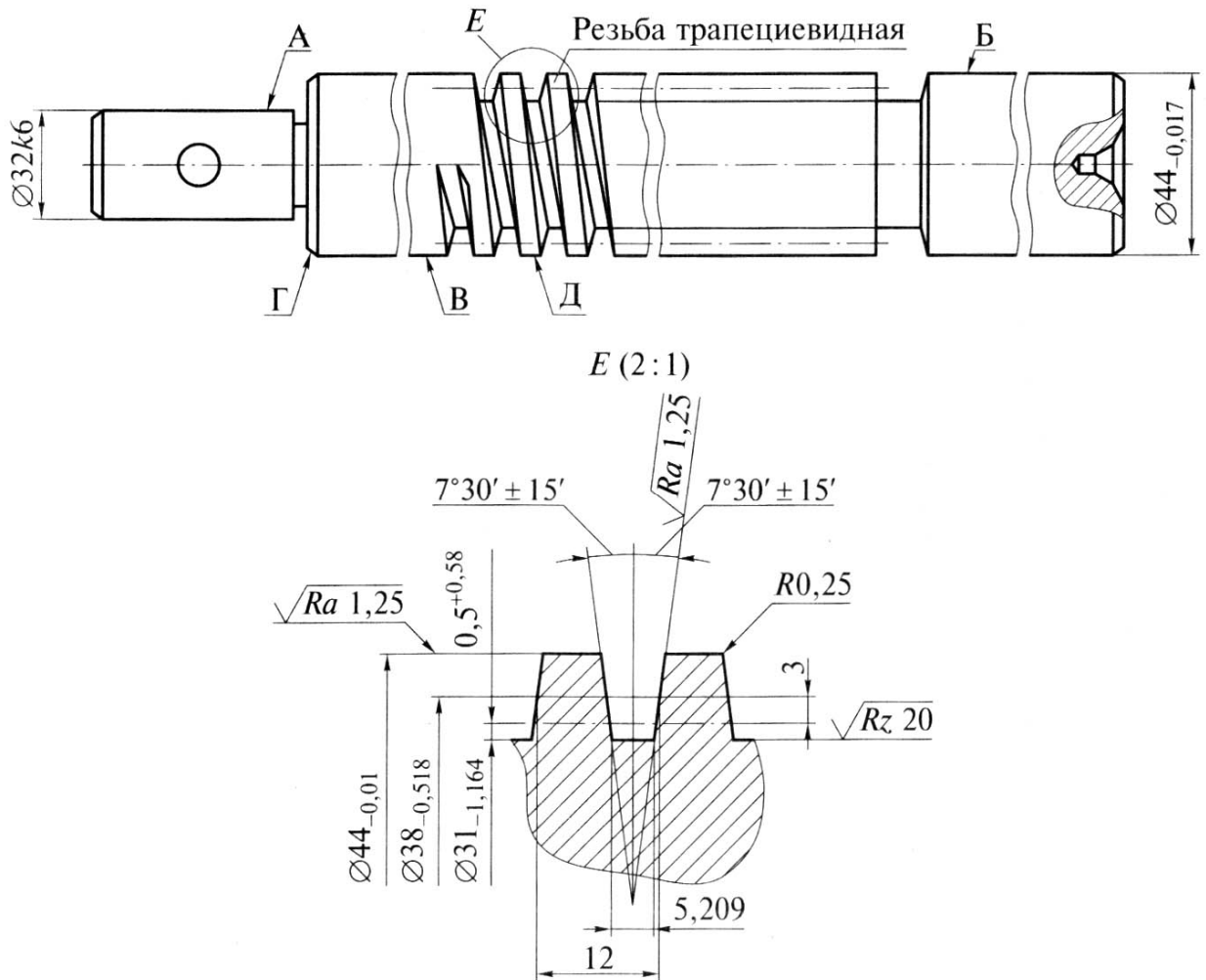


Рисунок 7.1 – Креслення ходового гвинта металорізального верстата з деякими вимогами по формі, розташуванню і шорсткості поверхонь.

Бази і базування. Основними базами ходових гвинтів, як більшості валів, є поверхні опорних шийок, а допоміжною базою - різьбова поверхня. На першій операції в якості чорнової бази використовують зовнішню поверхню прутка (подвійна спрямовуюча технологічна база) і торець (упорна технологічна база). На наступних операціях по обробці зовнішніх поверхонь технологічними базами служать поверхні центрових отворів (штучні технологічні бази), а зовнішню поверхню використовують як додаткову технологічну базу, оскільки заготівля не є жорсткою в поперечному перерізі.

Основне призначення передачі - позиціонування виконавчих елементів точних механізмів машин. Тому точність виготовлення ходового гвинта

передачі зумовлює її споживчі характеристики і є домінуючим фактором, який необхідно враховувати в процесі виготовлення передачі.

Точність різблення ходових гвинтів формується на різних технологічних операціях її виготовлення і значно залежить від фінішних технологічних операцій шліфування різьби. У свою чергу трудомісткість фінішного різбошліфування зумовлюється технологічною спадковістю попередніх різбоутворюючих операцій.

Відомо, що перспективним напрямком в технології машинобудування є розробка операцій з суміщенням в часі декількох технологічних переходів - багатоінструментальна паралельна обробка, яка виконується при загальній (для різних інструментів) частоті обертання шпинделя із заготівкою і загальної хвилинної подачі[4]. До числа таких операцій відноситься багатониткове різбошліфування прецизійних ходових гвинтів, яке проводиться багатонитковим різбошліфувальним кругом (БРК) за один або кілька технологічних переходів. У першому випадку абразивний круг спеціальної конструкції (рис. 7.2) видаляє припуск за один поздовжній хід столу верстата, у другому - за кілька ходів. В обох випадках реалізуються схеми "прогресивного різання" і переривчастого шліфування, проте, в другому випадку (багатопрхідний процес) з'являються додаткові можливості подання єдиного ріжучого контуру БРК із складових частин, які доповнюють один одного, між якими в зону різання подається мастильно-охолоджуюча рідина (МОР). Виходячи з цього, метод багатониткового однопрхідного різбошліфування знайшов застосування на попередніх операціях обробки різьби, а метод багатониткового багатопрхідного різбошліфування має перспективу для впровадження на остаточних операціях різбошліфування, які, як правило, відбуваються за кілька технологічних переходів.

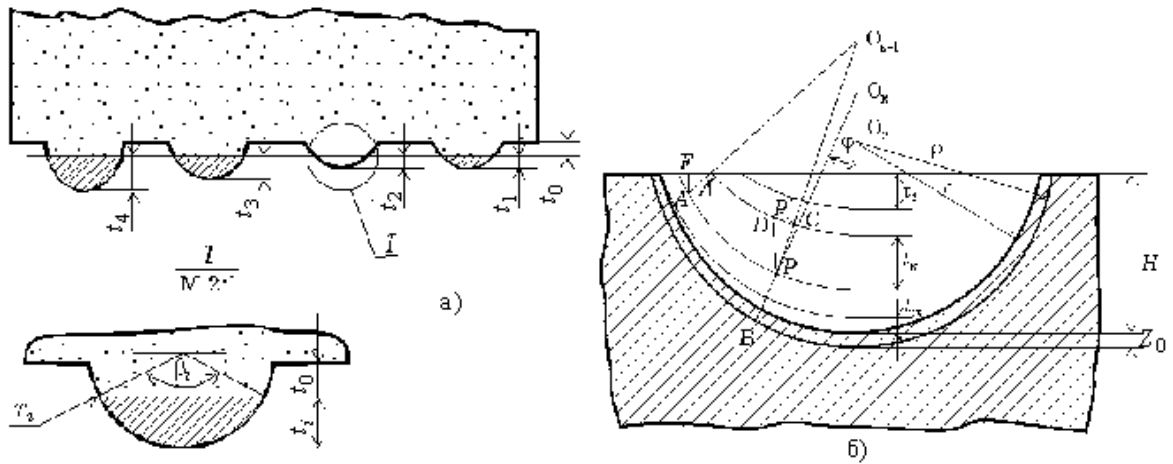


Рисунок 7.2 – Конструкція  $m$ -ниткового кола при  $m = 4$  (а) і схема формування їм різбовій канавки (б), де  $t_i$ ,  $r_i$ ,  $\beta_i$  - висота робочої частини, радіус профілю і кут  $i$ -ої ( $i = 1, 2, \dots, m$ ) ріжучої нитки;  $r$  - остаточний радіус різблення;  $t_0$  - технологічний зазор.

Дані, представлені в таблиці 7.1, підтверджують ефективність процесу багатониткового різбошліфування в порівнянні з однопнитковим. Наприклад, похибка кроку різблення, машинний час обробки і енергоємність процесу зменшуються, відповідно, в 1,8-6,0; 2,5-5,0 і 1,3-2,3 рази.

Таблиця 7.1 – Порівняння одно- та багатониткового різбошліфування.

Технологічні показники обробки	Шліфування			
	Однониткове п'яти-прохідне	Багатониткове		
		двопрохідне	однопрохідне	
			не автоматизоване	автоматизоване
Розсіювання накопиченої похибки кроку різблення, мкм	180	120	80	30
Кількість заготовок зі штриховими пріжогов	14	3	1	0
Машинне час обробки, хв	26,5	10,3	4,8	5,2
Усереднена енергоємність процесу, Дж / мм <sup>3</sup>	65	50	37	28

Для підвищення стабільності і зменшення трудомісткості виготовлення ходових гвинтів запропоновано впроваджувати операції багатониткового різьбошліфування не тільки на чорнових операціях виготовлення різьблення, але і на получистових і фінішних операціях різьбошліфування, які здійснюються за два етапи (фінішне попереднє і фінішне остаточне шліфування). Це дозволяє:

- збільшити одночасно продуктивність і точність обробки різьби за рахунок виключення операцій різьбонарізання різцями і подальшої термічної обробки гвинтів, що приводить до їх усадки або розтягування;

- збільшити коефіцієнт багатOVERSTATного обслуговування різьбошліфувальних верстатів за рахунок збільшення часу кожного технологічного переходу (при скороченні загального їх числа);

- зменшити вплив технологічної спадковості від попередніх операцій (за рахунок підвищення точності) на фінішні операції різьбошліфування і, тим самим, істотно зменшити їх трудомісткість.

Для підвищення ефективності технологічних процесів (операцій) механічної обробки в умовах автоматизованого виробництва висунута ідея інтеграції етапів технологічної підготовки і реалізації цих процесів (операцій) на основі єдиного системного підходу, відповідно до якого зазначені етапи технологічного циклу (підготовка і реалізація) розглядаються як необхідна і достатня умова високоефективної обробки. Причому, на етапі підготовки (проектування) вирішуються завдання по оптимізації процесів (операцій), а на етапі реалізації (виготовлення), тобто при обробці, враховуються індивідуальні особливості оброблюваної деталі, її відмінності від інших деталей в групі або в партії [18].

Відомо, що в умовах автоматизованого виробництва, заснованого на застосуванні верстатів з ЧПУ, відбувається перерозподіл робіт між етапами проектування та виготовлення таким чином, що збільшується трудомісткість етапу проектування і зменшується трудомісткість етапу виготовлення. Специфічна особливість процесу багатониткового різьбошліфування полягає



в необхідності попереднього проектування конструкцій багатониткових кіл, в які закладається програма розподілу припуску на шліфування між окремими нитками кола (аналог керуючої програми для верстата з ЧПУ).

На відміну від багатоінструментального налагодження лезових інструментів багатониткове різьбошліфувальне коло (БРК) є нерозбірними і нерегульованою конструкцією. Профілювання БРК здійснюють або металевим накатником (шарошкой) при зниженій частоті обертання абразивного круга, або за допомогою спеціального правлячого інструменту - алмазного ролика без зменшення частоти обертання кола. Найбільш ефективним видом правлячого інструменту є алмазний багатонитковий ролик, який має високу розмірну стійкість.

Відповідно до прийнятого системним підходом використані методи автоматизованого проектування і регулювання процесів багатониткового різьбошліфування відповідно на етапах їх підготовки та реалізації. Для цього розроблена єдина математична модель процесу для зазначених етапів технологічного циклу. До складу математичної моделі входять рівняння для визначення глибини  $h_d$  де утворюється при шліфуванні дефектного шару, зносу  $h_i$  і ріжучих ниток БРК і накопиченої похибки  $\Delta S$  кроку шліфуючого різьблення. Такий системний підхід забезпечує спадкоємність етапів проектування і виготовлення, оскільки рівняння для визначення  $h_d$  і  $h_i$  використовуються також на етапі виготовлення для діагностики процесів багатониткового різьбошліфування, а рівняння для визначення  $\Delta S$  дозволило шляхом відповідного перетворення розробити параметр для автоматичного регулювання та стабілізації накопиченої похибки кроку різьблення.

Для успішного впровадження групової технології багатониткового різьбошліфування потрібна відповідна технологічна підготовка виробництва, а саме:

- необхідно зробити розбиття деталей (гвинтів) на групи, виходячи із забезпечення можливості обробки різних типорозмірів деталей, що входять в групу, одним і тим же БРК.

- виконати проектування оптимальних конструкцій БРК, тобто визначити кількість і геометричні параметри ріжучих ниток БРК з урахуванням його характеристики.

- вибрати раціональний спосіб профілювання і редагування БРК, тобто вирішити такі завдання як проектування правлячого інструменту, визначення кута нахилу цього інструменту при правці з урахуванням кута нахилу БРК, розрахунок корекцій, які необхідно внести, щоб врахувати вплив кута нахилу БРК на глибину різання окремих його ниток і форму їх профілю.

- визначити оптимальні режими редагування і режими багатониткового різьбошліфування, виходячи із забезпечення ріжучої здатності круга і якості обробленої поверхні відповідно.

- автоматизувати робочий цикл багатониткового одно- і багатопрхідного різьбошліфування на етапі обробки, виходячи з вимог забезпечення стабільності процесу з урахуванням індивідуальних особливостей оброблюваних деталей і фактичної ріжучої здатності шліфувальних кругів.

Перераховані проектні завдання вирішувалися на різних заводах-виробниках передач ВГК. За результатами проведених досліджень спроектовані і впроваджені металеві накатники і алмазні правлячі ролики, групові технології автоматизованого багатониткового різьбошліфування, а також різні пристрої і системи для автоматичного управління процесом[19].

## 8 ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ

Цивільний захист - система загальнодержавних заходів, мета яких завчасно підготувати населення і народне господарство до захисту від зброї масового ураження.

Особливо важливе значення набуває цивільний захист промислових підприємств машинобудування, які є важливою складовою частиною військово-економічного потенціалу країни.

До основних завдань, вирішення яких полегшує підвищення стійкості промислових підприємств відносяться:

- 1) підвищення стійкості до впливу вражаючих факторів ядерного вибуху, як усього інженерно-технічного комплексу в цілому, так і його окремих елементів;
- 2) підготовка до переведення об'єкта на особливий режим роботи;
- 3) попередження або максимальне скорочення можливих руйнувань і втрат від додаткового впливу вторинних факторів ураження;
- 4) створення стійкої системи управління виробничими процесами;
- 5) організація інших виробничих зв'язків з сусідніми підприємствами та сталого постачання всім необхідним для виробництва основної продукції;
- 6) створення запасів сировини, палива, інструменту, оснастки, а також організація та зберігання поза зонами можливих сильних руйнувань;
- 7) здійснення заходів, спрямованих на забезпечення захисту робітників і службовців;
- 8) захист запасів продовольства, води з метою організації харчування робітників і службовців у воєнний час.

До інженерно-технічних заходів, що підвищує стійкість роботи, відносяться:

- планування підприємства з урахуванням вимог цивільної оборони при його будівництві та реконструкції;

- застосування стійких, з підвищеною вогнестійкістю, конструкцій при влаштуванні та розміщенні найбільш відповідальних вузлів в підземних спорудах;

- обладнання пристроїв для аварійного відключення систем, машин і агрегатів, руйнування яких може викликати додаткове вражаючу дію вторинних факторів вибуху;

- створення між виробничими корпусами надійних протипожежних смуг та земельних насаджень;

- постійне утримання в надійному порядку сховищ і укриттів;

- проведення підготовчих робіт по захисту найбільш цінного обладнання, готової продукції.

До основних особливостей способів захисту людей від зброї масового знищення відносяться: розподіл і евакуація населення міст; укриття людей, що залишилися в місті в захисних спорудах і забезпечення населення індивідуальними засобами захисту.

Застосування цих способів дозволяє виключити ураження особового складу непрацюючих змін, при нанесенні ударів по місту, і полегшує вирішення іншої задачі: укриття робочої зміни в захисних спорудах.

Завчасне забезпечення захисту робочої зміни має здійснюватися в мирний час двома шляхами: будівництво притулків подвійного призначення, які використовуються до виникнення загрози нападу противника для виробничих, побутових та культурних потреб підприємства, а також пристосування підлогу притулок підвалів[20].

Повну відповідальність за організацію і стан цивільної оборони несе начальник ЦО об'єкта.

На підприємствах створюють формування цивільної оборони з числа робітників і службовців підприємства, які пройшли спеціальну підготовку.

Стійкість об'єкта визначається його здатністю протистояти вражаючим факторам ядерного вибуху і, в першу чергу, впливу ударних хвиль вибуху.

Розрізняють такі види руйнувань будівель, споруд та інших об'єктів, викликані ударною хвилею вибуху:

- повне руйнування - будівлю або споруду руйнується повністю і його відновлення неможливе;
- сильне руйнування - руйнуються несучі конструкції і перекриття верхніх поверхів будівлі, в стінах утворюються тріщини, перекриття нижніх поверхів деформуються; відновлення будівлі і споруди в більшості випадків недоцільно; збережені підвали можна використовувати після ліквідації завалів і розчищення;
- середнє руйнування - руйнуються в основному дахи, перегородки, вікна та двері, в стінах утворюються тріщини; перекриття та підвали зберігаються; відновлення будівлі та споруди доцільно;
- слабке руйнування - руйнуються перегородки, вікна та двері, в стінах можливе виникнення незначних тріщин, підвали залишаються неушкодженими; після ремонту будівля може бути використана.

Руйнування будівель та споруд часто супроводжується пожежами, а іноді і вибухами. Їх причиною є: невідключені електричні та газові мережі, різні горючі, мастильні та вибухонебезпечні речовини, що зберігаються в виробничих приміщеннях і на складах. В цьому відношенні найбільш небезпечні ковальські цехи, так як в них є нагрівальні печі та виробництво готових металів ведеться в гарячому стані. Небезпечні також термічні відділення цехів, відділення фарбування, майстерні з приготування мастил та ін.

Причиною пожеж може з'явитися і світлове випромінювання, що супроводжує ядерний вибух і що викликає значне підвищення температури. Світлове випромінювання вельми небезпечно також для людей, так як від нього виникають не тільки теплові, але і світлові опіки і сліпота. Особливу небезпеку для людей представляє радіоактивне випромінювання - радіація, що є причиною виникнення променевої хвороби.

Радіація впливає також на електронну апаратуру. Під дією радіації радіоелектронна апаратура виходить з ладу і стає непридатною.

Ядерні вибухи супроводжуються радіоактивним зараженням місцевості, води, продуктів харчування і роблять небезпечним перебування на такій місцевості людей.

Чим далі відстоїть об'єкт від епіцентру вибуху, тим дія ударної хвилі слабкіше. Практично можна вважати, що стійкість наземного промислового об'єкта можна надійно забезпечити, якщо він розташований на відстані більш 10..12 км від епіцентру вибуху.

Найменш стійким проти впливу ударних хвиль є скління будівель. У порівнянні з залізобетонними панелями стійкість скління в 12..25 раз нижче. Радіус руйнування скління в 5..10 разів перевищує радіус руйнування самих будівель. З точки зору цивільної оборони бесфонарні будівлі, що не мають в зовнішніх стінах віконних прорізів - найбільш вдале технічне рішення. Однак будівництво таких будинків для промислових об'єктів вимагає, якщо це не викликається технологічною необхідністю, спеціального дозволу.

Ударна хвиля вибуху проникає в будівлю через зруйноване скління, різні отвори (наприклад, вентиляційні) і щілини, що слід мати на увазі при розробці заходів захисту від зброї масового ураження. Проникаючи всередину, ударна хвиля вибуху може викликати пошкодження обладнання, різних пристроїв і апаратури, що знаходяться в будівлі, контузію і каліцтво людей.

Небезпека представляє не тільки ударна хвиля вибуху, але і вторинні наслідки, викликані ударною хвилею. Досить небезпечні при цьому різні незакріплені і підвішені предмети, наприклад, мостові крани, кран-балки, ланцюгові підвісні конвеєри з накладених на них вантажами і деталями. При хвильовому ударі мостові крани і кран-балки можуть впасти з підкранових колій, по яких переміщаються, пошкодити обладнання і скалічити або навіть вбити людей. Необхідно тому передбачити спеціальні кріплення для мостових кранів і кран-балок.

Устаткування цехів повинно бути розраховане на дію ударних хвиль. В цьому відношенні знаходяться в найгіршому становищі преси та багато нагрівальні печі, що мають велику поверхню, а отже, і парусність. Преси треба розраховувати на міцність і стійкість проти перекидання при хвильовому ударі.

Серйозну небезпеку становить листовий метал, листові заготовки і листоштамповані деталі і напівфабрикати, особливо крупно-і середньогабаритні. Внаслідок великої парусності, при хвильовому ударі вони будуть розкидані по всьому цеху, зашкодять при цьому устаткування і завдадуть травми виробничого персоналу. Необхідно передбачити таке зберігання і складування металу, складування заготовок, напівфабрикатів та деталей, яке виключало б можливість їх розльоту при дії ударної хвилі вибуху.

В цехах та інших службах для захисту персоналу повинні бути створені притулки. Приміщення, які пристосовуються під сховища, найкраще проектувати вбудованими в підвальні поверхи. При відсутності такої можливості допускається проектувати притулки у вигляді окремо розташованих приміщень.

Однією з найважливіших завдань цивільної оборони на підприємстві є забезпечення швидкої евакуації людей в притулки з усіх приміщень цеху і різних служб. Для цього повинні бути намічені найкоротші маршрути і забезпечені незахаращені виходи, безпечні в пожежному відношенні.

Перелік всіх заходів цивільної оборони на підприємстві, що підлягають розробці при проектуванні заводів і цехів, а також норми проектування містяться в спеціальних керівних матеріалах, складених стосовно до різних галузей промисловості[21].

## ВИСНОВКИ

При виконанні магістерської роботи:

1. Був вдосконалений технологічний процес механічної обробки деталі вал-шестарні ВШ 18.03 що значно понизило витрати матеріалів і часу на обробку деталі.

2. Були складені розрахунково-технологічні карти, розраховані режими різання, зроблено нормування операцій і виконаний проект ділянки по виробництву деталі.

3. Оформлений комплект технологічної документації.

4. Вибрана заготовка при виготовленні деталі.

5. У конструкторській частині була вибрана і розрахована конструкція верстатного і контрольного пристосувань.

6. Були проведенні економічні розрахунки.

7. Визначено систему освітлення, вентиляції та електробезпеки

8. Розроблені заходи з цивільного захисту.



**ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ**

1. 40Х сталь [Электронный ресурс]. -- Режим доступа: <http://www.manual-steel.ru/40H.html>.
2. Зинченко А. М. Технология машиностроения. Дипломное проектирование: учеб. пособ. / А. М. Зинченко, О. Д. Дедов, С. Н. Кучма и др. – Алчевск: ДонГТУ, 2013. – 311 с.
3. Радкевич Я. М. Расчёт припусков и межпереходных размеров в машиностроении: Учеб. пособ. для машиностроит. спец. вузов / Я.М. Радкевич, В. А. Тимирязев, А.Г. Схиртладзе, М.С.Островский/ Под ред. В.А.Тимирязева. – М.: Высш.шк., 2004. – 272 с.
4. Косилова А.Г. Справочник технолога-машиностроителя. / А.Г. Косилова, Р. К. Мещерякова. – В 2-х т. Т.1, 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – 656 с.
5. Горошкин А. К. Приспособления для металлорежущих станков: Справочник. - 7-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1979.
6. Станочные приспособления: Справочник. В 2-х т. / Под ред. Б. Н. Вардашкин и др. - М.: Машиностроение, 1984 - т.2.
7. Ансеров М. А. Приспособления для металлорежущих станков: Расчеты и конструкции. - 3-е изд., стереот. - М.: Машиностроение, 1966.
8. Волосов С. С., Педь Е. И. Приборы для автоматического контроля в машиностроении – М.: Машиностроение, 1970. - 310 с.
9. ОНТП 14-93 Нормы технологического проектирования предприятий машиностроения, приборостроения и металлообработки. Механообрабатывающие и сборочные цехи.
10. Веселовский А. А. Проектирование механических цехов / методические указания / А. А. Веселовский, А. Н. Веселовский. – Орск : Издательство ОГТИ, 2009. – 51 с.
11. Туровец О. Г. Организация производства и управление предприятием/ ИНФРА-М, 2004 г. , 528 стр.

12. Грацевский С. С. Экономика, организация и планирование машиностроительных предприятий : сборник задач / С. С. Грацевский, А. Я. Рапопорт, А. П. Турутов и др.; под ред. А. П. Градова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, 1974. – 304 с.

13. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны

14. ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда. Шум.

15. Долин П. А. Справочник по технике безопасности. - М.: Энергия, 1982.-799с.

16. 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.

17. Гусев А. А. Технология машиностроения (специальная часть): Учебник для машиностроительных специальностей вузов / А. А. Гусев, Е. Р. Ковальчук, И. М. Колесов и др. — М.: Машиностроение, 1986. — 480 с.

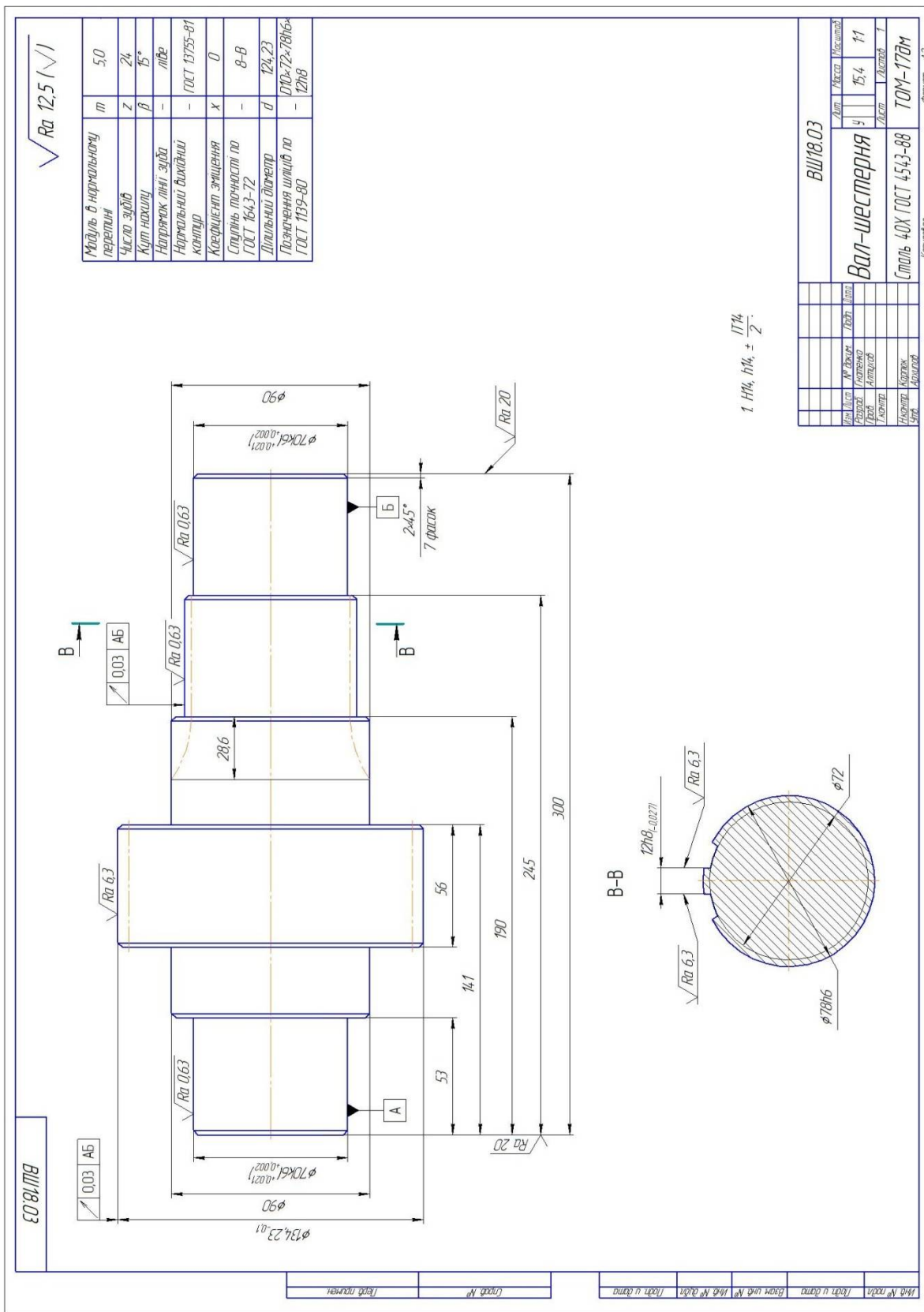
18. Якимов А. В. Оптимизация технологических процессов в машиностроении: Учеб.пособие / А.В. Якимов, В.П. Ларшин, А.А. Якимов и др. - Одесса: ОГПУ, 1995.

19. Якимов А. В. Повышение точности шага резьбы ходовых винтов при многониточном резьбошлифовании / А.В. Якимов, В.П. Ларшин, В.Ф. Соколов и др. // Вестн. машиностроения. - 1989. - № 8. - С. 35 - 37.

20. Злобинский Б.М. Охрана труда в металлургии. - М.: Металлургия , 1975 - 535 с.

21. Иванюков М.И., Алексеев В.С. Основы безопасности жизнедеятельности. Учебное пособие: Дашков и К; Москва; 2007.

# ДОДАТОК 1



Модель б нормальності перетини	m	5.0
Число зрізів	z	24
Кут нахилу	$\beta$	$15^\circ$
Нормальні лінії зрізів		ліній
Нормальний вихідний контур		- ГОСТ 13755-81
Коефіцієнт згичення	x	0
Ступінь точності по ГОСТ 1643-72		- 8-B
Діляний діаметр d	d	124.23
Позначення шліфів по ГОСТ 1199-80		- D10x72x8H6x12H8

ВШ18.03

ВШ18.03		
№ зам.	№ змін	№ змін
Розроб	Коректор	Деталь
Лист	Кількість	Листів
1	11	11
Вал-шестерня		
Сталь 40X ГОСТ 4543-88		
ТОМ-170М		

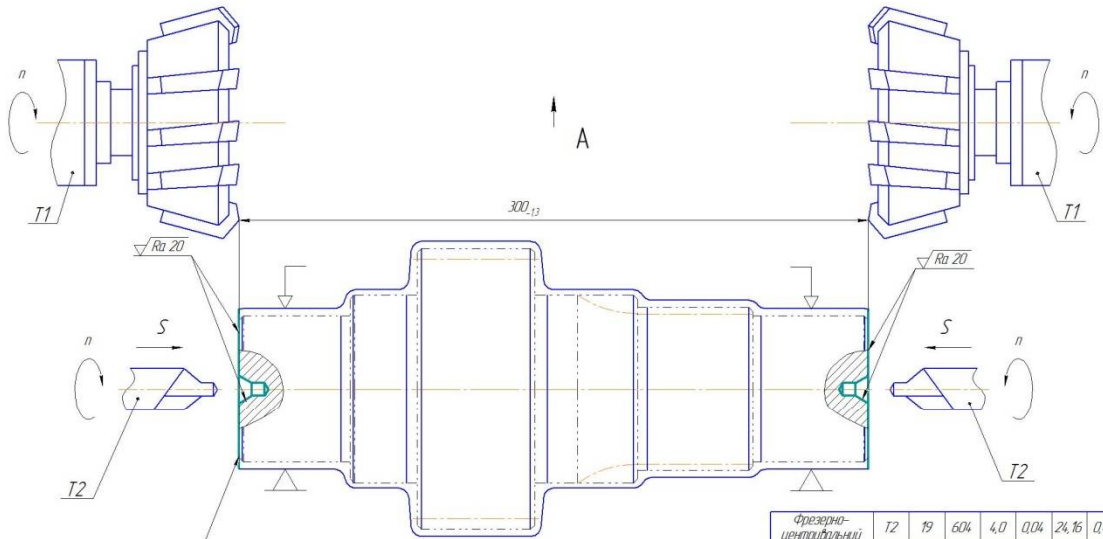
## ДОДАТОК 2

Мастерська робота Magisterska robotna	1. Клас точності поквідки Т4. 2. Група сталі М2. 3. Ступінь складності С1. 4. Висхідний нахил 75. 5. Шліфувальний ухил не більше 5 в дік збільшення розмірб. 6. Шліфувальні ухили не більше 7 в дік збільшення розмірб.
№ вимог № Назва Група Спеціальність Тип Категорія Назва Назва Чл	Мастерська робота <b>Вал-шестерня</b> <b>(штанговка)</b> Сталь 40Х ГОСТ 4543-71 ТОУ-170М
№ вимог № Назва Група Спеціальність Тип Категорія Назва Назва Чл	Мастерська робота Вал-шестерня (штанговка) Сталь 40Х ГОСТ 4543-71 ТОУ-170М

ДОДАТОК 3

Операція 005 фрезерно-центрувальна

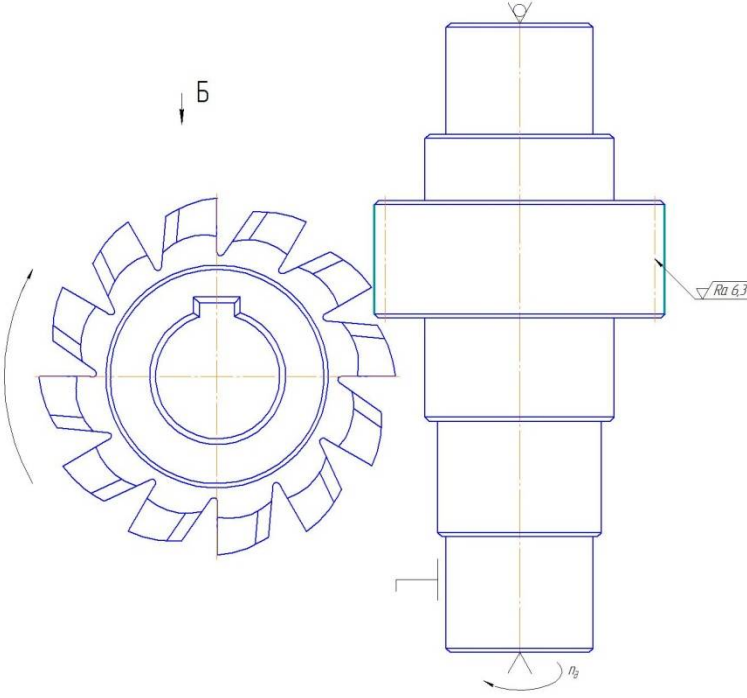
Магістерська робота



Фрезерно-центрувальний набір інструментів моделі МР-71М	T2	19	604	4,0	0,04	24,16	0,45	
	T1	141	180	3,0	0,10	4,32	0,25	163
Найменування і модель станка	№ інстр.	$V_f$ м/хв	$v_b$ об/хв	$f$ мм	$S$ мм/об	$S_p$ мм/хв	$T_m$ хв	$T_{шліф.}$ хв

2 відс. центра А6.3  
ГОСТ 14034-74

Операція 020 зубофрезерна



Модуль в нормальній площині	$m$	5,0
Число зубів	$z$	24
Кут нахилу	$\beta$	15°
Напрямок ліній зубів		ліве
Нормальний вихідний контур		ГОСТ 13755-81
Коефіцієнт зміщення	$x$	0
Ступінь точності по ГОСТ 1643-72		8-B
Вільний діаметр	$d$	124,23

Зубофрезерний набір інструментів моделі 53A.20	35,2	80	11,25	15	24,0	12,4	13,94
Найменування і модель станка	$V_f$ м/хв	$v_b$ об/хв	$f$ мм	$S$ мм/об	$S_p$ мм/хв	$T_m$ хв	$T_{шліф.}$ хв

Магістерська робота

РПК на операції 005 та 020	Дат.	Місяц	Рік
	11		
Том-178м	Лист	Листів	Т

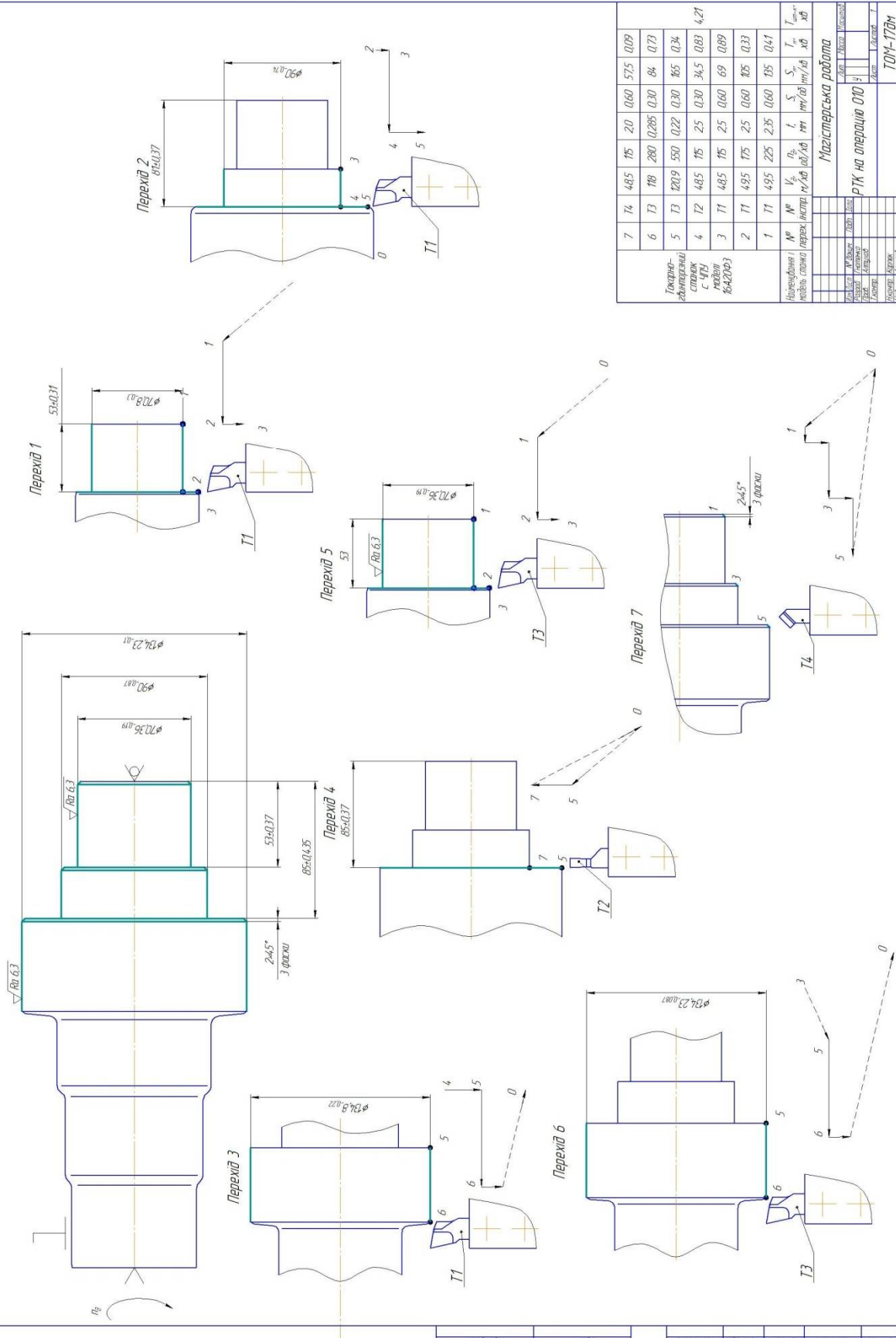
Лист 1 з 1  
Лист 2 з 2  
Лист 3 з 3  
Лист 4 з 4  
Лист 5 з 5  
Лист 6 з 6  
Лист 7 з 7  
Лист 8 з 8  
Лист 9 з 9  
Лист 10 з 10  
Лист 11 з 11  
Лист 12 з 12  
Лист 13 з 13  
Лист 14 з 14  
Лист 15 з 15  
Лист 16 з 16  
Лист 17 з 17  
Лист 18 з 18  
Лист 19 з 19  
Лист 20 з 20  
Лист 21 з 21  
Лист 22 з 22  
Лист 23 з 23  
Лист 24 з 24  
Лист 25 з 25  
Лист 26 з 26  
Лист 27 з 27  
Лист 28 з 28  
Лист 29 з 29  
Лист 30 з 30  
Лист 31 з 31  
Лист 32 з 32  
Лист 33 з 33  
Лист 34 з 34  
Лист 35 з 35  
Лист 36 з 36  
Лист 37 з 37  
Лист 38 з 38  
Лист 39 з 39  
Лист 40 з 40  
Лист 41 з 41  
Лист 42 з 42  
Лист 43 з 43  
Лист 44 з 44  
Лист 45 з 45  
Лист 46 з 46  
Лист 47 з 47  
Лист 48 з 48  
Лист 49 з 49  
Лист 50 з 50  
Лист 51 з 51  
Лист 52 з 52  
Лист 53 з 53  
Лист 54 з 54  
Лист 55 з 55  
Лист 56 з 56  
Лист 57 з 57  
Лист 58 з 58  
Лист 59 з 59  
Лист 60 з 60  
Лист 61 з 61  
Лист 62 з 62  
Лист 63 з 63  
Лист 64 з 64  
Лист 65 з 65  
Лист 66 з 66  
Лист 67 з 67  
Лист 68 з 68  
Лист 69 з 69  
Лист 70 з 70  
Лист 71 з 71  
Лист 72 з 72  
Лист 73 з 73  
Лист 74 з 74  
Лист 75 з 75  
Лист 76 з 76  
Лист 77 з 77  
Лист 78 з 78  
Лист 79 з 79  
Лист 80 з 80  
Лист 81 з 81  
Лист 82 з 82  
Лист 83 з 83  
Лист 84 з 84  
Лист 85 з 85  
Лист 86 з 86  
Лист 87 з 87  
Лист 88 з 88  
Лист 89 з 89  
Лист 90 з 90  
Лист 91 з 91  
Лист 92 з 92  
Лист 93 з 93  
Лист 94 з 94  
Лист 95 з 95  
Лист 96 з 96  
Лист 97 з 97  
Лист 98 з 98  
Лист 99 з 99  
Лист 100 з 100

Корисний об'єм: 11

Мастерська робота

### Операція 010 токарна програма

$\nabla Ra 12.5$



Полярно-виглядний сплайн з ЧПУ моделі №642093	7	74	485	115	20	0.60	575	0.09
	6	73	118	280	0.285	0.30	84	0.73
	5	73	120.9	550	0.22	0.30	165	0.34
	4	72	485	115	25	0.30	36.5	0.83
	3	71	485	115	25	0.60	69	0.89
	2	71	495	175	25	0.60	105	0.33
	1	71	495	225	2.35	0.60	135	0.41
№ $V_c$ $f_p$ $f_z$ $i$ $S_{pr}$ $T_{min}$ $T_{max}$ м/хв мм/об мм/об мм/об хв								
Назначение / мейово стоно перек, інстт / м/об мм/об мм/об хв								
Мастерська робота								
РТК на операцію 010								
ТОН-170М								











## ДОДАТОК 5

**Магістерська робота**  
**Конструкція димардальної шкали БВ-4.197**

**Конструкція димардальної шкали БВ-4.197**

**Конструкція підводячого пристрою (М 151)**

**Конструкція підводячого пристрою (М 151)**

**Принципова схема пристрою**

1. Ціна ділення шкали приладу 0,001 мм.  
 2. Похибка вимірювання 0,001 мм.  
 3. Діапазон контролююваних розмірів 80 ... 200 мм.  
 4. Тиск мережі стисненого повітря 0,4 МПа.  
 5. Вирядити під тиском 0,7 МПа.  
 6. Діапазон вимірювання за шкалою 0,08 мм.

М16 7H/6d  
4 болта

Блок пневматичний

1. Ціна ділення шкали приладу 0,001 мм.  
 2. Похибка вимірювання 0,001 мм.  
 3. Діапазон контролююваних розмірів 80 ... 200 мм.  
 4. Тиск мережі стисненого повітря 0,4 МПа.  
 5. Вирядити під тиском 0,7 МПа.  
 6. Діапазон вимірювання за шкалою 0,08 мм.

**Магістерська робота**

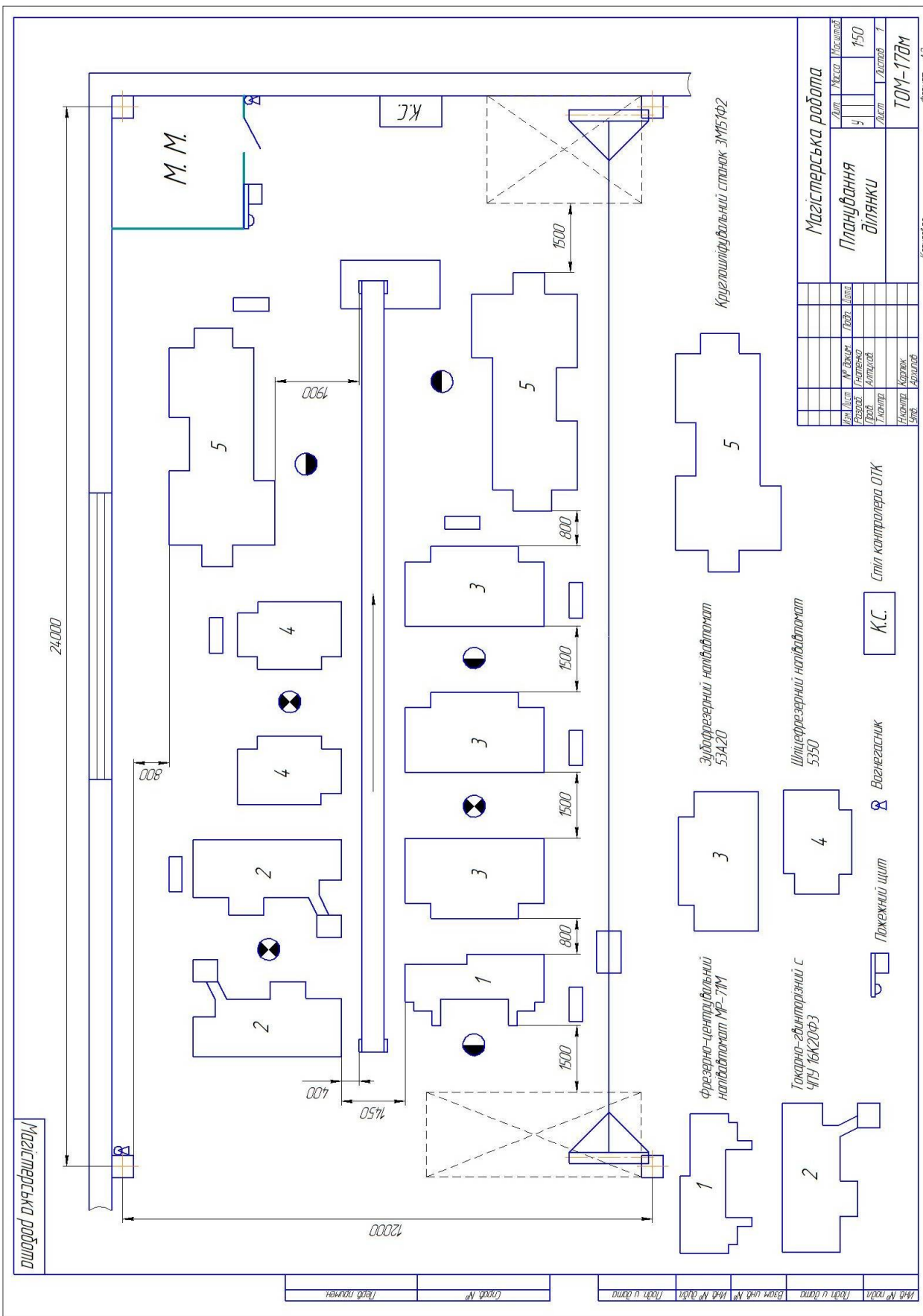
**Контрольне присудження**

ТОУ-ПТДМ





ДОДАТОК 6



№ п/п	№ документації	Група	Ділячка	Ділячка	Місяць	Місяць
1	150	1	1	1	1	1

№ п/п	№ документації	Група	Ділячка	Ділячка	Місяць	Місяць
1	150	1	1	1	1	1

№ п/п	№ документації	Група	Ділячка	Ділячка	Місяць	Місяць
1	150	1	1	1	1	1

№ п/п	№ документації	Група	Ділячка	Ділячка	Місяць	Місяць
1	150	1	1	1	1	1

№ п/п	№ документації	Група	Ділячка	Ділячка	Місяць	Місяць
1	150	1	1	1	1	1

№ п/п	№ документації	Група	Ділячка	Ділячка	Місяць	Місяць
1	150	1	1	1	1	1

Кількість: 1

Формат: А2

ТОМ-170М

К.С.

Стіл контролера ОТК

Вогнезахисник

Пажечний щит

Фрезерно-центровий напідв'язомат МР-7М

Токарно-вдільтараний с ЧПУ 16К20Ф-3

Шлицефрезерний напідв'язомат 53350

Зубофрезерний напідв'язомат 533420

Кружлошліфувальний станок ЗМ15Ф2

М.М.

К.С.

150