

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

(назва факультету)

Конструювання верстатів, інструментів та машин

(повна назва кафедри)

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

**бакалавра**

(назва освітнього ступеня)

на тему: Верстатне та інструментальне забезпечення обробки деталі  
«Гвинт спеціальний 21801203064»

Виконав: студент 4 курсу групи МВзс-41

спеціальності

133 «Галузеве машинобудування»

(шифр і назва спеціальності)

\_\_\_\_\_  
(підпис) Бойко М.Д.  
(прізвище та ініціали)

Керівник

\_\_\_\_\_  
(підпис) Лещук Р.Я.  
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

\_\_\_\_\_  
(підпис) Кобельник В.Р.  
(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_  
(підпис) Кобельник В.Р.  
(прізвище та ініціали)

Рецензент

\_\_\_\_\_  
(підпис) Сташків М.Я.  
(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Інженерії машин, споруд та технологій  
(повна назва факультету)  
Кафедра Конструювання верстатів, інструментів та машин  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри  
Кобельник В.Р.  
(прізвище та ініціали)  
« » 2023 р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня «бакалавр»  
(назва освітнього ступеня)  
за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування»  
(шифр і назва спеціальності)  
студенту Бойку Михайлу Дмитровичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Верстатне та інструментальне забезпечення обробки деталі  
«Гвинт спеціальний 21801203064»

Керівник роботи Лещук Роман Ярославович, к.т.н., доцент  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «28» 12 2022 року № 4/7-1076

2. Термін подання студентом завершеної роботи 12.06.2023

3. Вихідні дані до роботи Технічне креслення деталі «Гвинт спеціальний 21801203064»  
Базовий технологічний процес обробки деталі

Річна програма випуску N=1000 шт.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1. АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ 1. Характеристика об'єкту виробництва

2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ Технологічний розрахунок

Розробка маршрутного та операційного технологічного процесу обробки

Інструментальне забезпечення технологічної операції

3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ Розробка кінематичної схеми верстату

Конструювання вузла верстату

Розробка конструкції пристрою для токарної обробки

4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Аналіз формоутворюючих рухів – 1 ф.А1

Кінематична схема верстата – 1 ф.А1

Виконавчі механізми верстата – 2 ф.А1.

Пристосування верстатне – 2 ф.А1.

Спеціальне пристосування – 1 ф.А1.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	к.т.н., доцент Окіпний І.Б.		
Нормоконтроль	к.т.н., доцент Кобельник В.Р.		

7. Дата видачі завдання 08.05.2023

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз завдання на кваліфікаційну роботу		
2	Аналітичний розділ		
3	Технологічний розділ		
4	Конструкторський розділ		
5	Охорона праці та безпека життєдіяльності		
6	Графічна частина		
7	Підготовка до захисту		

Студент

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Бойко М.Д.

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Лещук Р.Я.

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

## ЗМІСТ

Завдання на кваліфікаційну роботу.....	2
ВСТУП.....	4
1. АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	
1.1. Службове призначення деталі. Аналіз технічних умов .....	5
1.2. Аналіз технологічності конструкції деталі (якісна і кількісна характеристика).....	10
1.3. Визначення типу та організаційної форми виробництва.....	12
2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	
2.1. Аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення .....	16
2.2. Розробка маршрутного та операційного технологічного процесу обробки .....	18
2.3. Визначення припусків та міжопераційних розмірів.....	20
2.3. Розрахунок припусків та режимів різання.....	25
2.4. Розрахунок режимів різання по операціях (переходах).....	24
2.5. Інструментальне забезпечення механічної обробки.....	31
3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	
3.1. Кінематичний розрахунок.....	35
3.2. Вибір структури приводу та його компоновка .....	39
3.3. Опис коробки передач .....	41
3.4. Силовий розрахунок приводу .....	42
3.5. Розрахунок виконавчого органу.....	47
3.6. Розробка конструкції пристрою для токарної обробки.....	52
4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	
ВИСНОВКИ.....	63
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	64
ДОДАТКИ.....	65

					<i>КРБ 21-465.00.00.000</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Бойко			<i>ВСТУП</i>	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Лещук						
Консульт.						<i>ТНТУ, гр. МВзс-41</i>		
Н. Контр.		Кобельник						
Зав.каф.		Кобельник						

## ВСТУП

Ефективність виробництва, його технічний прогрес, якість виготовленої продукції у значній мірі залежать від випереджуючого розвитку виробництва нового обладнання, машин, верстатів і апаратів, від всесвітнього впровадження методів техніко – економічного аналізу, що забезпечує рішення технічних питань і економічну ефективність технологічних та конструкторських розробок. В наш час з розвитком машинобудування важливу роль приділяють збільшенню точності обробки, подовженню терміну служби обладнання, продовженню строку безремонтної роботи.

На точність обробки деталей впливають точність і шорсткість шпиндельного вузла, жорсткість і точність позиціювання робочих вузлів верстата.

В наш час ставляться дуже високі вимоги до точності оброблюваних деталей, а існуючий парк верстатів не в змозі забезпечити поставлених вимог за рахунок зношення основних вузлів і морального старіння обладнання, тому виникає потреба в створенні нових моделей обладнання, або вдосконалення старих верстатів.

					КРБ 21-465.00.00.000			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ВСТУП	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Бойко						
Перевір.		Лещук						
Консульт.								
Н. Контр.		Кобельник						
Зав.каф.		Кобельник			ТНТУ, гр. МВзс-41			

# 1. АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

## 1.1 Службове призначення деталі. Аналіз технічних умов

Деталь «Гвинт спеціальний 21801203064» є складовою частиною блоку управління подачею палива авіаційного двигуна Д136 вертольота МІ-26. Він служить для регулюючим краном перекривання паливного трубопроводу.

У відповідності з класифікатором ЄСКД – деталь належить до класу 71 – деталі типу тіл обертання.

Конструкція деталі «Гвинт спеціальний 21801203064» являє собою ступінчастий стержень, на одному кінці якого розміщена ступінь найбільшого діаметра, на якій зроблено дві лиски, діаметрально протилежні одна до одної. На іншому кінці стержня нарізано різь, в торці виготовлено паз шириною  $1,3^{+0,25}$  мм, який служить для подачі палива. Під кутом  $90^{\circ}$  до нього прорізано два пази радіусом 12 мм. В середній частині стержня розміщено дві базуючі гладких циліндричних поверхні  $\varnothing 10,45_{-0,012}$  мм, які служать для спряження болта з корпусом паливного розподілювача. Поверхні з'єднані за допомогою канавки шириною 1,5 мм і  $\varnothing 7,8_{-0,1}$  мм.

Так як деталь працює в умовах агресивного корозійного середовища при підвищених температур та тиску, різких їх перепадів, то деталь виготовлена із хромистої сталі мартенситного класу 13X11H2B2MФ-III по ГОСТ5632-72.

Хімічний склад Сталі 13X11H2B2MФ-III представлено в таблиці 1.1.

					<i>КРБ 21-465.00.00.000</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Бойко</i>						
<i>Перевір.</i>		<i>Лещук</i>						
<i>Консульт.</i>								
<i>Н. Контр.</i>		<i>Кобельник</i>				<i>ТНТУ, гр. МВзс-41</i>		
<i>Зав.каф.</i>		<i>Кобельник</i>						

Таблиця 1.1. – Хімічний склад Сталі 13X11H2B2MФ-Ш

<i>C</i> , %	<i>Si</i> , %	<i>Mn</i> , %	<i>P</i> , %	<i>S</i> , %	<i>Cr</i> , %	<i>Ni</i> , %	<i>Nb</i> , %
0,12-0,14	<0,8	<0,8	≤0,03	≤0,025	10,0-14,0	1,5-2,5	-

Таблиця 1.2. - Механічні властивості чавуну Сталі 13X11H2B2MФ-Ш

Режим термообробки			$\sigma_T$ , кгс/мм <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , кгс/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	НВ
Операція	$t^\circ C$	Охолодне середовище					
Гарту- вання	800-1050	Повітря або масло	90	75	12	50	≥270
Відпуск	630-650	Повітря					
Гарту- вання	975-1100	Повітря або масло	100	85	10	45	≥290
Відпуск	500-530	Повітря					

$\sigma_T$  – границя текучості, кгс/мм<sup>2</sup>;

$\sigma_B$  – границя міцності при розтягуванні, кгс/мм<sup>2</sup>;

$\delta$  - відносне видовження зразка, %;

$\psi$  - відносне звуження поперечного січення зразка, %.

Призначення сталі 13X11H2B2MФ-Ш – виготовлення деталей апаратури нафтопереробних заводів – деталей насосів, засувок, крекінгових труб, які працюють при температурі до 600<sup>0</sup> С і мають обмежений строк служби, застосовують в турбобудуванні для лопаток і дисків турбін, орієнтовна робоча температура деталей – 470-530<sup>0</sup> С.

Проведемо аналіз поверхонь деталі, які піддаються механічній обробці при виготовленні (рис. 1.1.).

Виходячи з огляду конструкції болта видно, що основними робочими поверхнями являються поверхні *З*, *К*, *Л*, *О* і *Р*. Базуючими поверхнями служать поверхні *Д* і *Є*.

					КРБ 21-465.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Поверхня *A* – торець  $\varnothing 18_{-0,24}$  мм виконаний по 10 квалітету точності , шорсткістю *Ra 3,2*.

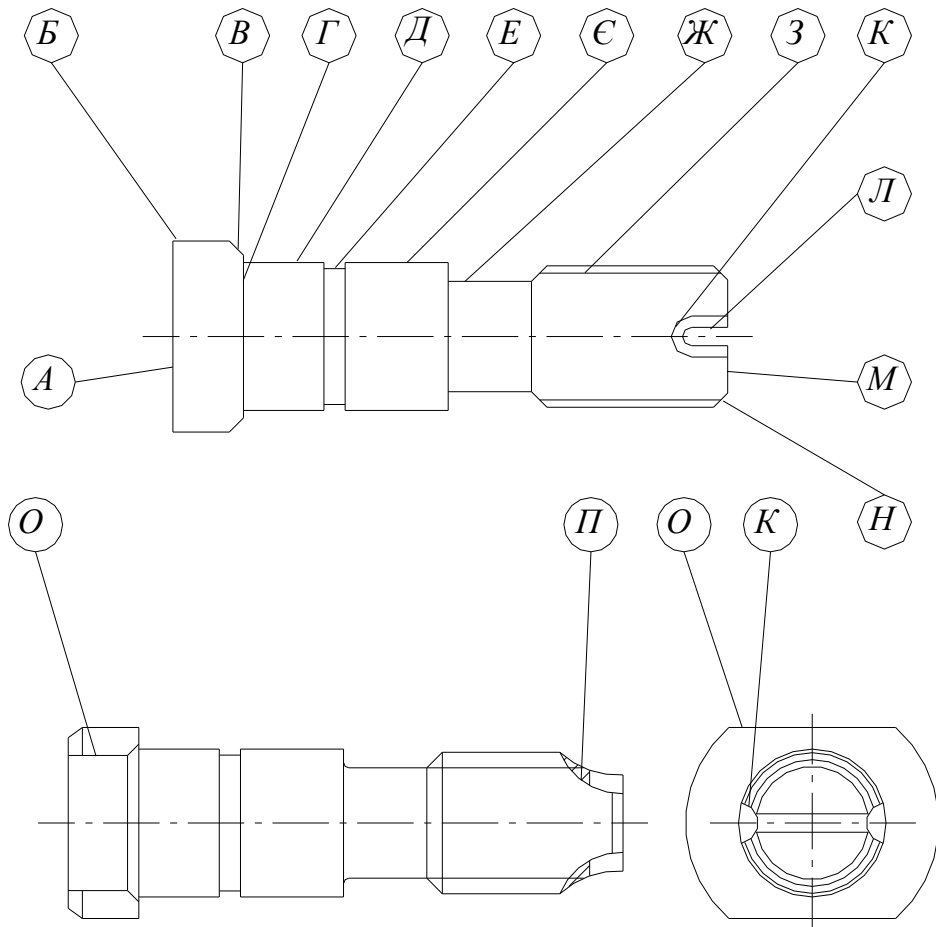


Рис. 1.1. – Оброблювані поверхні деталі

Поверхня *B* – гладка циліндрична поверхня  $\varnothing 18_{-0,24}$  мм виконана по 10 квалітету точності , шорсткістю *Ra 3,2*.

Поверхня *B* – конусна циліндрична поверхня меншим діаметром  $\varnothing 10,45$  мм виконана по 10 квалітету точності , шорсткістю *Ra 12,5*.

Поверхні *D* і *C* –гладкі циліндричні поверхні  $\varnothing 10,45_{-0,012}$  мм виконані по 6 квалітету точності , шорсткістю *Ra 0,8*.

					<i>КРБ 21-465.00.00.000</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Поверхня *E* – канавка шириною  $1,5^{+0,12}$  мм виконана по 8 квалітету точності , шорсткістю *Ra* 3,2.

Поверхня *Ж* – гладка циліндрична поверхня  $\varnothing 7,8_{-0,2}$  мм виконана по 8 квалітету точності , шорсткістю *Ra* 0,8.

Поверхня *З* – різь *M10*×1,5-6e мм виконана по 6 квалітету точності , шорсткістю *Ra* 0,8.

Поверхня *Л* – поперечний паз шириною  $1,3^{+0,25}$  мм глибиною  $3,2 \pm 0,25$  мм виконаний по 10 квалітету точності , шорсткістю *Ra* 12,5.

Поверхня *М* – торець виконаний по 10 квалітету точності, шорсткістю *Ra* 3,2.

Поверхні *О* – дві лиски, відстань між ними  $13,5_{-0,12}$  мм виконані по 6 квалітету точності , шорсткістю *Ra* 3,2.

Проведемо аналіз технічних умов на виготовлення деталі «Гвинт спеціальний 21801203064» і представимо їх у вигляді таблиці 1.3.

Таблиця 1.3. – Аналіз технічних умов

Позначення поверхні	Технічна вимога	Метод виконання	Метод контролю
1	2	3	4
<i>A</i>	Забезпечити шорсткість <i>Ra</i> 3,2 і точність виконання розмірів по 10 квалітету точності.	Точіння чистове	Калібр-скоби спеціальні, Взірці шорсткості ГОСТ9378-75.
<i>B</i>	Забезпечити шорсткість <i>Ra</i> 3,2 і точність виконання розмірів по 10 квалітету точності.	Точіння чистове	Калібр-скоби спеціальні, Взірці шорсткості ГОСТ9378-75.
<i>B</i>	Забезпечити шорсткість <i>Ra</i> 12,5 і точність виконання розмірів по 10 квалітету точності.	Точіння чистове	Шаблони спеціальні, Взірці шорсткості ГОСТ9378-75.

					<i>КРБ 21-465.00.00.000</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Продовження таблиці 1.3.

<i>Г</i>	Забезпечити шорсткість <i>Ra 3,2</i> і точність виконання розмірів по 10 квалітету точності.	Точіння чистове	Шаблони спеціальні, Взірці шорсткості ГОСТ9378-75.
<i>Д</i>	Забезпечити шорсткість <i>Ra 0,8</i> і точність виконання розмірів по 6 квалітету точності.	Шліфування чистове	Калібр-скоби спеціальні, Взірці шорсткості ГОСТ9378-75.
<i>Е</i>	Забезпечити шорсткість <i>Ra 3,2</i> і точність виконання розмірів по 8 квалітету точності.	Точіння чистове	Калібр-скоби спеціальні, Взірці шорсткості ГОСТ9378-75.
<i>Є</i>	Забезпечити шорсткість <i>Ra 0,8</i> і точність виконання розмірів по 6 квалітету точності.	Шліфування чистове	Калібр-скоби спеціальні, Взірці шорсткості ГОСТ9378-75.
<i>Ж</i>	Забезпечити шорсткість <i>Ra 0,8</i> і точність виконання розмірів по 8 квалітету точності.	Точіння чистове	Калібр-скоби спеціальні, Взірці шорсткості ГОСТ9378-75.
<i>З</i>	Забезпечити шорсткість <i>Ra 0,8</i> і точність виконання розмірів по 6 квалітету точності.	Накатування різі, Ультразвукове зміцнення	Калібр-скоби спеціальні, Взірці шорсткості ГОСТ9378-75.
<i>К</i>	Забезпечити шорсткість <i>Ra 3,2</i> і точність виконання розмірів по 10 квалітету точності.	Точіння чистове	Шаблони спеціальні, Взірці шорсткості ГОСТ9378-75.
<i>Л</i>	Забезпечити шорсткість <i>Ra 12,5</i> і точність виконання розмірів по 10 квалітету точності.	Фрезерування чистове	Шаблони спеціальні, Взірці шорсткості ГОСТ9378-75.
<i>М</i>	Забезпечити шорсткість <i>Ra 3,2</i> і точність виконання розмірів по 10 квалітету точності.	Точіння чистове	Калібр-скоби спеціальні, Взірці шорсткості ГОСТ9378-75.
<i>Н</i>	Забезпечити шорсткість <i>Ra 0,8</i> і точність виконання розмірів по 6 квалітету точності.	Точіння чистове	Шаблони спеціальні, Взірці шорсткості ГОСТ9378-75.
<i>О</i>	Забезпечити шорсткість <i>Ra 3,2</i> і точність виконання розмірів по 6 квалітету точності.	Фрезерування чистове	Шаблони спеціальні, Взірці шорсткості ГОСТ9378-75.
<i>П</i>	Забезпечити шорсткість <i>Ra 3,2</i> і точність виконання розмірів по 8 квалітету точності.	Фрезерування чистове	Шаблони спеціальні, Взірці шорсткості ГОСТ9378-75.

<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>

КРБ 21-465.00.00.000

Арк.

## 1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі (якісна і кількісна характеристика)

На кресленні деталі «Гвинт спеціальний 21801203064» вказані всі розміри, квалітети точності, шорсткість поверхонь, основні базові поверхні, на яких не повинно бути задирів та заусенців. Вказані допустимі відхилення концентричності отворів, співвісності, радіального биття, прямолінійності. На кресленні вказано матеріал деталі – 13X11H2B2MФ-Ш по ГОСТ5632-72.

### Якісна оцінка технологічності конструкції деталі.

Деталь – Болт 1280103064 являє собою по конфігурації ступінчастий стержень із співвідношенням довжини і діаметра  $\frac{l}{d} = \frac{34}{18}$ . Вона отримується методом прокатування із прутка, конфігурація зовнішнього контуру не викликає труднощів при обробці. З точки зору доступу до поверхонь механічної обробки деталь недоліків не має. Недоліком деталі щодо технологічності служить висока точність обробки, підвищені вимоги до шорсткості оброблюваних поверхонь, досить висока твердість оброблюваної деталі – HB269...273. Легкий доступ інструменту, наявність базових поверхні, як при токарній обробці і шліфуванні, так і при обробці пазів, хороше стружковидалення (стружка не забивається в деталі).

### Кількісна оцінка технологічності конструкції деталі.

Рівень технологічності конструкції по точності обробки характеризується коефіцієнтом точності, який визначається за формулою:

$$K_{T.ч.} = 1 - \frac{1}{T_{сер}} = 1 - \frac{\sum n_i}{\sum Tn_i},$$

де:  $T_{сер} = \frac{\sum Tn_i}{\sum n_i} = \frac{n_1 + 2n_2 + 3n_3 + \dots + 17n_{17}}{n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_{17}}$  - середній клас точності

обробки виробу;

					КРБ 21-465.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$n_i$  - число розмірів відповідного класу точності;

$T$  - клас точності обробки.

Класи точності поверхонь:

6 квалітет,  $n = 5$ ;  $T = 6$ ;

8 квалітет,  $n = 3$ ;  $T = 8$ ;

10 квалітет,  $n = 7$ ;  $T = 10$ ;

$$T_{сер} = \frac{5 \cdot 6 + 3 \cdot 8 + 7 \cdot 10}{5 + 3 + 7} = 8,27$$

$$K_{Т.ч.} = 1 - \frac{1}{8,27} = 0,8791$$

Згідно ГОСТ14.205-83 при  $K_{Т.ч.} > 0,8$  - деталь середньої точності, і відповідно є технологічною.

Рівень технологічності конструкції по шорсткості оцінюється по коефіцієнту шорсткості, який визначається по формулі:

$$K_{ш} = \frac{1}{Ш_{ср}} = \frac{\sum ni_{ш}}{\sum Ш_i},$$

де:  $Ш_{ср}$  - середній клас шорсткості деталі;

$n_i$  - кількість розмірів з шорсткістю даного класу.

$Ra0,8$   $n = 5$  - 7 клас шорсткості;

$Ra3,2$   $n = 8$  - 6 клас шорсткості;

$Ra12,5$   $n = 2$  - 5 клас шорсткості.

$$Ш_{ср} = \frac{5 \cdot 7 + 8 \cdot 6 + 2 \cdot 5}{5 + 8 + 2} = \frac{123}{15} = 8,2 ;$$

$$K_{ш} = \frac{1}{8,2} = 0,122 ;$$

За ГОСТ14.205-83 при  $K_{ш} > 0,10$  - деталь не високоточна щодо шорсткості. Середній клас шорсткості  $Ra3.2$ .

					КРБ 21-465.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт використання матеріалу.

$$K_{\text{вм}} = \frac{M_{\text{д}}}{M_{\text{з}}};$$

де:  $M_{\text{д}} = 0,24$  кг. – маса деталі по кресленню;

$M_{\text{з}} = 0,29$  кг. – маса заготовки (виливка).

$$K_{\text{вм}} = \frac{0,24}{0,29} = 0,8276 \text{ - коефіцієнт використання матеріалу для серійного}$$

типу виробництва.

### 1.3 Визначення типу та організаційної форми виробництва

Тип виробництва характеризується коефіцієнтом закріплення операцій згідно ГОСТ14.004-83.

$$K_{\text{зо}} = \frac{\sum O}{\sum P};$$

де:  $\sum O$  - сумарне число різноманітних операцій, що виконуються на дільниці за місяць;

$\sum P$  - сумарне число робочих місць на даній дільниці цеху.

Число операцій розраховуємо за формулою:

$$O = \frac{60 \cdot F_M \cdot K_B \cdot \eta_H}{T_{\text{шт}} \cdot N_M};$$

де:  $F_M = \frac{4015}{12} = 334,5$  год. – місячний фонд часу роботи обладнання

при двохзмінному режимі роботи;

$K_B = 1,3$  - середній коефіцієнт виконання норм;

$\eta_H = 0,8$  - нормативний коефіцієнт завантаження верстатів;

$T_{\text{шт}}$  - штучний час операції на даному верстаті;

					КРБ 21-465.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N_M = \frac{N}{12} = \frac{1000}{12} = 84 \quad - \quad \text{місячна програма випуску деталей}$$

( $N = 1000$  по завданню).

Визначаємо  $K_{30}$  по існуючому варіанту технологічного процесу.

1. Робоче місце  $O_1$ , верстат 16К20П, токарно-гвинторізний.

$$\sum T_{ум} = 12,4 + 1,7 = 14,1 \text{ хв.}$$

$$O_1 = \frac{60 \cdot 334,5 \cdot 1,3 \cdot 0,8}{14,1 \cdot 84} = 17,6.$$

2. Робоче місце  $O_2$ , верстат 16К20П, токарно-гвинторізний.

$$\sum T_{ум} = 2,16 \text{ хв.}$$

$$O_2 = \frac{60 \cdot 334,5 \cdot 1,3 \cdot 0,8}{2,16 \cdot 84} = 2,3.$$

3. Робоче місце  $O_3$ , верстат 3Ш185, обдирочно-шліфувальний.

$$\sum T_{ум} = 3,1 \text{ хв.}$$

$$O_3 = \frac{60 \cdot 334,5 \cdot 1,3 \cdot 0,8}{3,1 \cdot 84} = 3,22.$$

4. Робоче місце  $O_4$ , верстат 3М18, безцентрово-шліфувальний.

$$\sum T_{ум} = 2,0 \text{ хв.}$$

$$O_4 = \frac{60 \cdot 334,5 \cdot 1,3 \cdot 0,8}{2,0 \cdot 84} = 2,13.$$

5. Робоче місце  $O_5$ , верстат 6Т60Ш, фрезерний.

$$\sum T_{ум} = 3,7 \text{ хв.}$$

$$O_5 = \frac{60 \cdot 334,5 \cdot 1,3 \cdot 0,8}{3,7 \cdot 84} = 3,9.$$

6. Робоче місце  $O_6$ , верстат 3М18, безцентрово-шліфувальний

$$\sum T_{ум} = 1,6 \text{ хв.}$$

$$O_6 = \frac{60 \cdot 334,5 \cdot 1,3 \cdot 0,8}{1,6 \cdot 84} = 1,48.$$

7. Робоче місце  $O_7$ , верстат 16К20П, токарно-гвинторізний.

					<i>КРБ 21-465.00.00.000</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sum T_{um} = 4,74 \text{ хв.}$$

$$O_7 = \frac{60 \cdot 334,5 \cdot 1,3 \cdot 0,8}{4,74 \cdot 84} = 5,86 .$$

8. Робоче місце  $O_8$ , верстат 5П821, різшліфувальний.

$$\sum T_{um} = 2,9 \text{ хв.}$$

$$O_8 = \frac{60 \cdot 334,5 \cdot 1,3 \cdot 0,8}{2,9 \cdot 84} = 3,09 .$$

9. Робоче місце  $O_9$ , верстат 6Т60Ш, фрезерний.

$$\sum T_{um} = 3,05 \text{ хв.}$$

$$O_9 = \frac{60 \cdot 334,5 \cdot 1,3 \cdot 0,8}{3,05 \cdot 84} = 3,12 .$$

10.Робоче місце  $O_{10}$ , верстат 6Т60Ш, фрезерний.

$$\sum T_{um} = 2,03 \text{ хв.}$$

$$O_{10} = \frac{60 \cdot 334,5 \cdot 1,3 \cdot 0,8}{3,03 \cdot 84} = 3,13 .$$

11.Робоче місце  $O_{11}$ , верстат 3Ш185, обдирочно-шліфувальний.

$$\sum T_{um} = 1,0 \text{ хв.}$$

$$O_{11} = \frac{60 \cdot 334,5 \cdot 1,3 \cdot 0,8}{1,0 \cdot 84} = 1,06 .$$

12.Робоче місце  $O_{12}$ , верстат 3М18, безцентрово-шліфувальний.

$$\sum T_{um} = 2,3 \text{ хв.}$$

$$O_{12} = \frac{60 \cdot 334,5 \cdot 1,3 \cdot 0,8}{2,3 \cdot 84} = 2,17 .$$

$$O_{заг} = \sum O = 17,6 + 2,3 + 3,22 + 2,13 + 3,9 + 1,48 + \\ + 5,86 + 3,09 + 3,12 + 3,13 + 1,06 + 2,17 = 48,76$$

Коефіцієнт завантаження :

$$K_з = \frac{48,76}{12} = 4,06 ;$$

Оскільки  $1 \leq K_з \leq 10$  , то тип виробництва – крупносерійний.

					<i>КРБ 21-465.00.00.000</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Форма організації виробничого процесу – предметно-потокова.

Розміщення обладнання – по ходу технологічного процесу.

Повторюваність партій – періодична.

Технологічне обладнання – універсальне, частково спеціалізоване.

Технологічна оснастка – УНС, ЗРП (збірно-розбірні пристрої).

Різальний інструмент – універсальний і спеціальний.

Вимірювальний інструмент – калібри, спеціалізований.

Види заготовок – прокат, виливки з металевими моделями.

Собівартість продукції – середня.

					<i>КРБ 21-465.00.00.000</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		



## 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 2.1 Аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення

Базовий технологічний процес обробки деталі «Гвинт спеціальний 21801203064» складається з таких операцій:

Таблиця 2.1. – Базовий технологічний процес виготовлення деталі

<i>№ операції</i>	<i>Зміст операції</i>	<i>Обладнання</i>	<i>Примітка</i>
005	Термообробка	СНОЛ-7	-
010	Токарна	16К20П	Можлива для вдосконалення
015	Токарна	16К20П	Можлива для вдосконалення
020	Обдирочно-шліфувальна	ЗШ185	-
025	Контрольна	Стіл	-
030	Безцентрово-шліфувальна	ЗМ18	Можлива для вдосконалення
035	Фрезерна	6Т80Ш	-
040	Обдирочно-шліфувальна	ЗШ185	-
045	Фрезерна	6Т80Ш	-
050	Віброабразивна	Установка	-
055	Безцентрово-шліфувальна	ЗМ18	-
060	Токарна	16К20П	Можлива для вдосконалення
065	Віброабразивна	Установка	-
070	Різешліфувальна	5П821	Можлива для вдосконалення

*КРБ 21-465.00.00.000*

<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
Розроб.		Бойко			<i>ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
Перевір.		Лещук						
Консульт.						<i>ТНТУ, гр. МВзс-41</i>		
Н. Контр.		Кобельник						
Зав.каф.		Кобельник						

075	Горизонтально-фрезерна	6Т60Ш	-
080	Контрольна	Стіл	-
085	Горизонтально-фрезерна	6Т60Ш	-
090	Обдирочно-шліфувальна	3Ш185	-
095	Безцентрово-шліфувальна	3М18	-
100	Слюсарна	Верстак	-
105	Маркування	Верстак	-
110	Контрольна	Стіл	-
115	Люмконтроль	Установка	-
120	Поверхнєве зміцнення	Установка	Можлива для вдосконалення

Існуючий маршрут технологічного процесу виготовлення деталі має ряд недоліків, які можна виправити використанням більш продуктивних методів обробки поверхонь, що дозволить зменшити трудомісткість виготовлення деталі та знизити її собівартість.

Так, операції 010, 015 та 016 виконуються на токарно-гвинторізному верстаті, при цьому не використовується вся його потужність, збільшений час установки деталі, їх можна замінити на токарно-револьверні верстати з автоматизованою подачею заготовок і скоротити час на переустановку деталі.

Також операції різешліфування можна замінити на накатування різи, при цьому скоротиться час обробки, підвищиться якість поверхонь. Для операції 120 можна використати інше оснащення і підвищити якість обробки деталей.

					КРБ 21-465.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.2 Розробка маршрутного та операційного технологічного процесу обробки

На основі проведеного аналізу та вибору оптимального варіанту маршруту технологічного процесу виготовлення деталі проведемо детальне проектування техпроцесу механічної обробки.

Таблиця 2.2 – Технологічний процес виготовлення деталі «Гвинт спеціальний 21801203064»

№ операції	Назва операції та зміст переходів	Оброблювані поверхні	Базові поверхні	Обладнання
1	2	3	4	5
005	Термообробка 1. Провести гартування деталі			СНОЛ-7
010	Токарно-револьверна Подати заготовку до упору. Повернути револьверну головку. Точити поверхню 5 попердньо. Повернути револьверну головку. Точити поверхню 1. Повернути револьверну головку. Точити поверхню 4. Повернути револьверну головку. Точити поверхню 5. Повернути револьверну головку. Точити фаску 3. Повернути револьверну головку. Точити поверхні в розмірі 2, 5, 6, 7. Точити фаску 8. Відрізати деталь.	А, Б, Г, Д, Е, Є,М, Н	Б	1К342
015	Обдирочно-шліфувальна 1. Сточити грат на торці.	А	З	ЗШ185
020	Контрольна. 1. Перевірити твердість у вказаному місці.	А		Стіл
025	Безцентрово-шліфувальна 1. Шліфувати поверхню в розмір 5.	Д, Є	З, М	WA-3613
030	Фрезерна 1. Фрезерувати одночасно поверхні в розмірі 10, 11.	О	Г, Д	6Т80Ш
035	Обдирочно-шліфувальна 1. Зачистити заусенці і гострі кромки після фрезерування.	О		ЗШ185
040	Фрезерна 1. Фрезерувати одночасно поверхні в розмірі 12, 13.	В	Г, Є	6Т80Ш

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ 21-465.00.00.000					

## Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5
045	Віброабразивна 1. Віброшліфувати деталі до притуплення гострих кромок.			Віброустановка
050	Безцентрово-шліфувальна 1. Шліфувати поверхні в розміри 4, 14.	З	А, Б	WA-3613
055	Токарно-револьверна 1. Точити канавку в розмір 15	Ж	Г, Є	1К342
060	Віброабразивна 1. Віброшліфувати деталі до притуплення гострих кромок.			Віброустановка
065	Промивання 1. Промити деталі в миючому розчині			Миюча машина
070	Різенкатна 1. Накатати різь в розмір 4.	З	Г, Є	5993
075	Горизонтально-фрезерна 1. Фрезерувати радіусні канавки з двох сторін в розмір 16.	К	Г, Є	6Т80Ш
080	Контрольна 1. Перевірити точність виконання радіусної канавки.			Стіл
085	Горизонтально-фрезерна 1. Фрезерувати паз 17 в розмір 18.	Л	Г, Д	6Т80Ш
090	Обдирочно-шліфувальна 1. Зачистити гострі кромки після фрезерування радіусним заокругленням.	К, Л,	Г, Є	ЗШ185
095	Промивання 1. Промити деталі в миючому розчині			Миюча машина
100	Безцентрово-шліфувальна 1. Шліфувати поверхню 5 в розмір 14.	Е, Ж	А, Б	WA-3613
105	Слюсарна 1. Зачистити гострі кромки в місцях виявлення.			Верстак
110	Маркування 1. Маркувати ударним способом			Верстак
115	Промивання 1. Промити деталі в миючому розчині			Миюча машина
120	Контрольна 1. Перевірити шорсткість поверхонь та якість виконання мехобробки.			Стіл
125	Люмконтроль 1. Перевірити поверхні на наявність тріщин, закатів, відшарувань металу.			Установка
130	Ультразвукове поверхневе зміцнення 1. Перевірити зазор між концентратом і приспосібленням.	З	Г, Б	Установка

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ 21-465.00.00.000					

	2. Перевірити зазор між відбивачем і торцем хвилеводу. 3. Засипати кульки в робочу зону. 4. Вставити деталь в приспособлення. 5. Провести ультразвукове зміцнення деталі.			
135	Плоскошліфувальна 1. Шліфувати лиски в розміри 1, 2.	О	Б, Д	371М1
140	Слюсарна 1. Заокруглити гострі кромки.			Верстак

### 2.3 Визначення припусків та міжопераційних розмірів

Розрахунок припусків на обробку проводимо аналітичним методом для однієї точної поверхні  $\varnothing 10,45_{-0,012}$ , решта припусків на обробку інших поверхонь визначаємо табличним методом.

Технологічний маршрут обробки поверхні  $\varnothing 10,45_{-0,012}$  складається з трьох переходів:

- точіння – по 12 квалітету  $Ra25 (Rz40)$ ;
- чистове точіння – по 10 квалітету ( $Ra3,2$ );
- чистове шліфування – по 6 квалітету  $Ra0,8$ .

Для заготовки – прокат  $Rz125$ ;  $T=150$  мкм.

Для точіння  $Rz63$ ;  $T=30$  мкм.

Для чистового точіння  $Ra3,2$ ;  $T=12$  мкм.

Для чистового шліфування  $Ra0,8$ ;  $T=2$  мкм.

Сумарне значення просторових відхилень для прокату складає:

$$\rho = l \frac{\rho_K}{\rho_K^2 + 0,25}$$

де:  $\rho_K$  - питома відхилення осі деталі від прямолінійності заготовки на  $l$  мм. довжини заготовки;

$$\rho = 40 \frac{1}{1^2 + 0,25} = 32 \text{ мкм.}$$

					КРБ 21-465.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\rho_{3M} = 350 \text{ мкм.}$$

$$\rho = \sqrt{32^2 + 350^2} = \sqrt{8100 + 122500} = 361,4 \text{ мкм. — для заготовки.}$$

$$\rho_1 = 0,05 \cdot \rho = 0,05 \cdot 361,4 = 18 \text{ мкм. — для точіння.}$$

$$\rho_2 = 0,04 \cdot \rho = 0,04 \cdot 361,4 = 14 \text{ мкм. — для чистового точіння.}$$

$$\rho_3 = 0,03 \cdot \rho = 10,8 \text{ мкм. — чистового шліфування.}$$

Похибка установки визначається за формулою:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\sigma}^2 + \varepsilon_3^2}$$

Похибка базування при обробці деталі, що базується по гладкій поверхні в трьохкулачковому патроні складає:

$$\varepsilon_{h_1} = s_{min} + \delta_B + \delta_A,$$

де:  $s_{min} = 0,015 \text{ мм} = 15 \text{ мкм.}$

допуск на поверхню,  $\delta_A = 0,012 = 12 \text{ мкм.};$

допуск на кулачки  $\delta_B = 0,014 = 14 \text{ мкм.}$

Похибка базування складе:

$$\varepsilon_{\sigma} = 15 + 12 + 14 = 41 \text{ мкм.}$$

Похибка закріплення  $\varepsilon_3 = 500 \text{ мкм. [1].}$

$$\varepsilon_y = \sqrt{45^2 + 500^2} = 502 \text{ мкм. — для заготовки.}$$

$$\varepsilon_1 = 0,05 \cdot \varepsilon_y = 0,05 \cdot 500 = 25 \text{ мкм. — для точіння.}$$

$$\varepsilon_2 = 0,05 \cdot \varepsilon_y = 0,04 \cdot 500 = 20 \text{ мкм. — для чистового точіння.}$$

$$\varepsilon_3 = 0,03 \cdot \varepsilon_y = 0,03 \cdot 500 = 15 \text{ мкм. — для чистового шліфування.}$$

Мінімальне значення величини припуску для точіння розраховується за формулою:

$$2Z_{i min} = 2 \left( Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right)$$

Для точіння:

					КРБ 21-465.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$2Z_{1min} = 2(120 + 63 + \sqrt{361^2 + 502^2}) = 2 \cdot 1016 \text{ мкм.}$$

Для чистового точіння:

$$2Z_{2min} = 2(100 + 100 + \sqrt{18^2 + 25^2}) = 2 \cdot 230 \text{ мкм.}$$

Для чистового чистового шліфування:

$$2Z_{3min} = 2(50 + 50 + \sqrt{14^2 + 20^2}) = 2 \cdot 124 \text{ мкм.}$$

Розрахунковий розмір визначаємо по формулі:

$$d_{p_i} = d_i + 2Z_{i min_i};$$

$$d_{p_2} = 10,45 + 2 \cdot 0,124 = 10,698 \text{ , мм.}$$

$$d_{p_1} = 10,698 + 2 \cdot 0,230 = 11,158 \text{ мм.}$$

$$d_{p_{заг}} = 11,158 + 2 \cdot 1,016 = 13,19 \text{ мм.}$$

Найменші граничні відхилення ( $d_{min}$ ) визначаються з найбільших відніманням допуску:

$$d_{min_i} = d_{max} - \delta;$$

$$d_{min_3} = 10,45 + 0,012 = 10,462 \text{ мм.}$$

$$d_{min_2} = 10,462 + 0,350 = 10,812 \text{ мм.}$$

$$d_{min_1} = 10,812 - 0,870 = 11,682 \text{ мм.}$$

$$d_{min_{заг}} = 11,682 + 1,400 = 13,082 \text{ мм.}$$

Значення (граничні максимальні і мінімальні) припусків:

$$2Z_{max_3} = 10,46 - 10,443 = 870 \text{ мкм.}$$

$$2Z_{max_2} = 11,52 - 10,812 = 1702 \text{ мкм.}$$

$$2Z_{max_1} = 14,898 - 11,682 = 2651 \text{ мкм.}$$

Проведемо перевірку правильності розрахунків:

$$Z_{max_3} - Z_{min_3} = 2651 - 2269 = 382 \text{ мкм.}; \quad \delta_2 - \delta_3 = 766 - 384 = 382 \text{ мкм.}$$

( у зв'язку із заокругленням при попередніх розрахунках).

					КРБ 21-465.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Z_{max_2} - Z_{min_2} = 1702 - 1340 = 362 \text{ мкм.}; \quad \delta_1 - \delta_2 = 765 - 403 = 362 \text{ мкм.}$$

$$Z_{max_1} - Z_{min_1} = 870 - 767 = 103 \text{ мкм.}; \quad \delta_{заг} - \delta_1 = 289 - 186 = 103 \text{ мкм.}$$

Графічно схему розміщення припусків на обробку поверхні можна зобразити так, як представлено на рис. 2.1.

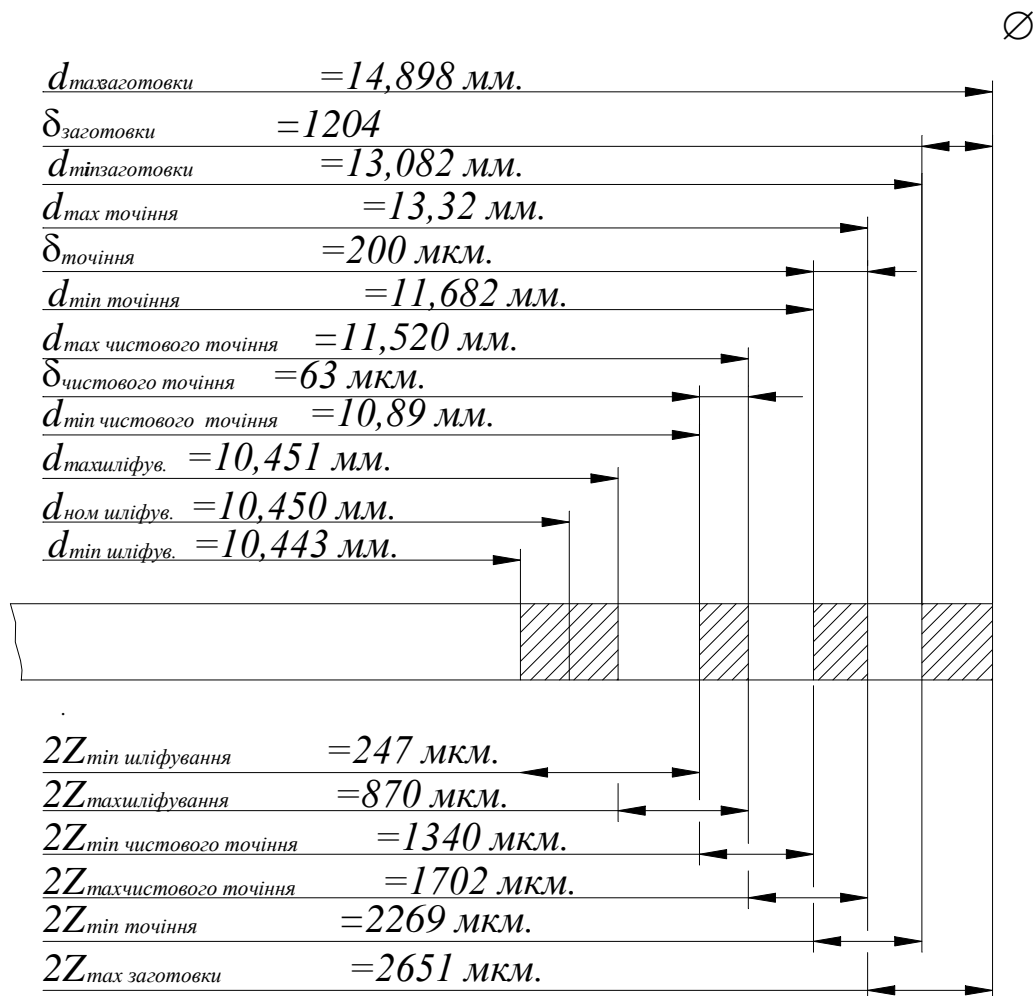


Рис. 2.1. Схема розміщення припусків на обробку поверхні  $\varnothing 10,45_{-0,012}$  деталі «Гвинт спеціальний 21801203064»

Для решти поверхонь припуски на обробку визначаємо табличним методом, згідно ГОСТ.

					КРБ 21-465.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Таблиця 2.3. Розрахункові припуски на механічну обробку  
поверхні  $\varnothing 10,45_{-0,012}$

Технологічні переходи обробки поверхні	Елементи припуску				$2Z_{min}$	$d_p$	$\delta$	$d_{min}$	$d_{max}$	$2 \cdot Z_{min}$	$2 \cdot Z_{max}$
	$Ra$	$T$	$\rho$	$\varepsilon$							
Заготовка	125	150	36 1	502	-	14,3 2	400	13,08 2	14,8 98	-	-
Точіння	63	30	18	25	2·101 6	12,8 08	200	11,68 2	13,3 20	22 69	26 51
Чистове точіння	3,2	12	14	20	2·230	10,6 8	63	10,81 2	11,5 2	13 40	17 02
Чистове шліфування	0,8	2	10, 8	15	2·124	10,4 5	12	10,44 3	10,4 5	24 7	87 0

## 2.4 Розрахунок режимів різання по операціях (переходах)

Проведемо розрахунок режимів різання по переходах технологічного процесу аналітичним методом для операції 010 Токарно-револьверної.

1. Проточити поверхню в розмір  $\varnothing 10,45$  мм. начисто.

Визначимо глибину різання за формулою:

$$t = \frac{D - d}{2 \cdot i} = \frac{16 - 11}{2 \cdot 2} = 0,1 \text{ мм.}$$

Ріжучий інструмент – прохідний різець з пластинами із твердого сплаву Т15К6 по ГОСТ18886-73. Січення державки різця 32×25 мм.

Геометричні параметри різця:  $r = 1,2$  мм.,  $\varphi = 45^\circ$ ,  $\lambda = 0$ ,  $\varphi_1 = 45^\circ$ .

Назначаємо подачу  $S = 0,03 \div 0,06 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$  [3] – при чорновому розточуванні при вильоті різця  $l = 100$  мм.

					<b>КРБ 21-465.00.00.000</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо подачу  $S = 0,052 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$ .

Період стійкості різця  $T = 60$  хв. [3].

Швидкість різання при токарній обробці визначається за формулою:

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

Значення коефіцієнту  $C_v$  і показників степеней вибираємо з Табл. 17 [3] -  $C_v = 420$  ;  $x = 0,15$  ;  $y = 0,2$  ;  $m = 0,20$  .

Загальний поправочний коефіцієнт швидкості різання визначаємо із залежності:  $K_v = K_{Mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{\varphi_1v} \cdot K_{\lambda v} \cdot K_{\sigma v} \cdot K_{uv}$  ;

$$\text{де: } K_{Mv} = K_r \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1 \cdot \left( \frac{750}{700} \right)^{-0,9} = 0,94 \text{ - коефіцієнт, що залежить}$$

від властивостей оброблюваного матеріалу ( $K_r = 1$  ;  $n_v = 0,9$  [3];

$K_{nv} = 0,8$  - коефіцієнт, що залежить від стану оброблюваної поверхні [3, Т. 5,

с.263];  $K_{uv} = 0,93$  - коефіцієнт, що залежить від матеріалу ріжучої частини

інструменту [3];  $K_{\varphi_1v} = 1$  - коефіцієнт, що залежить від геометричних

параметрів різця (при  $\varphi = 45^\circ$ ) [3, Т. 18, с. 271];  $K_{\sigma v} = 0,9$  - коефіцієнт, що

враховує вид обробки поверхні [3];

$K_{\varphi_1v}$  та  $K_{rv}$  враховуються тільки при обробці різцями із твердого сплаву.

Звідси швидкість різання:

$$V = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 0,052^{0,15} \cdot 0,1^{0,2}} \cdot 0,94 \cdot 0,8 \cdot 0,93 \cdot 1,0 \cdot 0,9 = 15,24 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо розрахункове число обертів шпинделя верстату:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 15,24}{3,14 \cdot 57} = 535,12 \text{ об/хв.}$$

Коректуємо число обертів шпинделя по паспорту верстату:

$$n = 532 \text{ об/хв.}$$

					КРБ 21-465.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Дійсна швидкість різання буде складати:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 11 \cdot 532}{1000} = 14,91 \text{ м/хв.}$$

Силу різання прийнято розкласти на складові сили, які напрямлені по осях координат верстату ( $P_z, P_y$  і  $P_x$ ).

При точінні ці складові розраховуються по залежності [3]:

$$P_{x,y,z} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

Коефіцієнти і показники степенів для складових сил різання знаходимо по [3]:

$P_z$	$P_y$	$P_x$
$C_p = 300$	$C_p = 243$	$C_p = 339$
$x = 1,0$	$x = 0,9$	$x = 1,0$
$y = 0,75$	$y = 0,6$	$y = 0,5$
$n = -0,15$	$n = -0,3$	$n = -0,4$

Поправочний коефіцієнт визначаємо по формулі:

$$K_p = K_{M_p} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{r p};$$

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

оброблюваного матеріалу на силові залежності;

$$K_{M_{p_z}} = \left( \frac{700}{750} \right)^{0,4} = 0,87; \quad K_{M_{p_y}} = \left( \frac{700}{750} \right)^{1,0} = 0,93; \quad K_{M_{p_x}} = \left( \frac{700}{750} \right)^{0,8} = 0,95;$$

$K_{\varphi p_{x,y,z}} = 1,0$  - поправочний коефіцієнт при  $\varphi = 45^\circ$  [4];

$K_{\gamma p_{x,y,z}} = 1,0$  - поправочний коефіцієнт переднього кута [4];

$K_{\lambda p_{x,y,z}} = 1,0$  - поправочний коефіцієнт кута нахилу кромки [4];

$K_{r p}$  враховується тільки при обробці різцями із твердого сплаву.

					<b>КРБ 21-465.00.00.000</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тоді :

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,052^{1,0} \cdot 0,1^{0,75} \cdot 14,91^{-0,15} \cdot 0,87 = 1341 \text{ Н.};$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 0,052^{0,9} \cdot 0,1^{0,6} \cdot 14,91^{-0,3} \cdot 0,69 = 62 \text{ Н.};$$

$$P_x = 10 \cdot 339 \cdot 0,052^{1,0} \cdot 0,1^{0,5} \cdot 14,91^{-0,4} \cdot 0,75 = 320 \text{ Н.}$$

$$\text{Потужність різання: } N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1341 \cdot 14,91}{1020 \cdot 60} = 6,42 \text{ кВт.}$$

Проведемо перевірку достатності потужності приводу головного руху верстату необхідній потужності різання:

$$N_{\text{риз}} < N_{\text{ун}}$$

де:  $N_{\text{ун}} = N_o \cdot \eta$ ,  $N_{\text{ун}} = 11$  кВт. – потужність електродвигуна приводу головного руху;  $\eta = 0,85$  - коефіцієнт корисної дії механізму приводу верстату.

$$6,42 < ( 7,5 \cdot 0,85 ) = 6,5 \text{ кВт.}$$

Основний технологічний час на обробку визначається по формулі:

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S};$$

де:  $L$  - довжина різання з урахуванням врізання і перебігу різця:

$$L = l + y + \Delta = 35 + 3 + 0 = 38 \text{ мм.}$$

$l = 35$  мм. - довжина обробки по кресленню деталі;  $y = 3$  мм. – врізання різця;  $\Delta = 0$  мм. – перебіг відсутній.

$$T_o = \frac{381 \cdot 1}{532 \cdot 0,1} = 0,27 \text{ хв.}$$

Для всіх інших операцій та переходів розрахунок режимів різання проводимо табличним методом і результати зводимо в таблицю 2.4.

					<i>КРБ 21-465.00.00.000</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.4. – Зведена таблиця режимів різання по операціях

Назва операції та зміст переходу	$t$ , мм.	$L$ , мм.	$i$	$T_m$ , хв.	$S_p$ , мм/об	$n$ , об/хв.	$V$ , м/хв.	$S_M$ , Мм/хв.	$T_o$ , хв.	$N$ , кВт.	$T_y$ , хв.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
010. Токарно-револьверна											
1. Перехід.	0,1	35	1	60	0,052	532	14,91	-	2,7	6,35	8,5
2. Перехід.	0,1	9,2	1	60	0,084	880	21,48	-	0,8	6,05	
3. Перехід.	0,1	19,3	1	60	0,073	214	11,1	-	2,3	3,9	
5. Перехід.	1,5	16,7	1	60	0,08	210	13,13	-	2,2	1,62	
6. Перехід.	1,0	2,2	1	60	0,04	45	1,17	-	0,2	2,85	
7. Перехід.	0,2	5,1	1	60	0,25	167	11,1	-	1,4	2,7	
8. Перехід.	0,2	1,4	1	60	0,02	81	21,48	-	0,2	3,1	
9. Перехід.	0,1	10,2	1	60	0,03	267	21,48	-	1,2	4,2	
025 Безцентрово-шліфувальна											
1. Перехід.	0,095	16	1	45	-	250	35	-	3,17	2,07	

Продовження Таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
030 Фрезерна 1. Перехід.	0,1	12	2	45	-	250	24,4	-	1,4	2,8	1,4
035 Обдирочно- шліфувальна 1. Перехід.	0,09	18	1	45	1,143	300	35	-	2,6	2,9	2,8
040 Різенакатна 1. Перехід.	4	24	1	60	1,5	40	20	-	3,17	6,12	3,17
030 Фрезерна 1. Перехід.	0,1	10	1	45	-	250	23,6	-	1,2	2,7	1,2
050 Безцентрово- шліфувальна 1. Перехід.	0,095	20	1	45	-	250	35	-	5,1	2,3	5,1
055 Токарно- револьверна 1. Перехід.	0,1	14,3	1	60	-	950	24,3	-	2,1	2,8	2,1
070 Різенакатна 1. Перехід.	1,5	24	4	60	1,5	40	20	-	4,18	5,92	4,18

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
075 Горизонтально-фрезерна											2,1
1. Перехід.	0,1	6,75	2	45	-	450	36,4	-	2,1	3,8	
085 Горизонтально-фрезерна											5,6
1. Перехід.	0,1	11	4	45	-	450	35,9	-	5,6	3,7	
090 Обдирочно-шліфувальна											1,3
1. Перехід.	0,09	1	1	45	1,143	300	35	-	1,3	2,9	
100 Безцентрово-шліфувальна											3,6
1. Перехід.	0,095	14,5	1	45	-	250	35	-	3,6	2,3	

## 2.5. Інструментальне забезпечення механічної обробки

В таблиці 2.5 наведено характеристики поверхонь деталі, які обробляються на металообробному обладнанні

Таблиця 2.5 – Характеристики поверхонь деталі.

№ п/п	Поверхня що обробляється	Технологічний метод обробки	Вид відтвор. лінії		Метод утворення відтвор. лінії		Загальна к-сть формоутвор. рухів	Ріжучий інструмент
			Напрямна	Твірна	Напрямна	Твірна		
1	Зовнішня циліндрична поверхня	Поздовжнє точіння Проточка канавок	Пряма	Коло	Сліду	Сліду	$\Phi_v (O_1, P_2)$ $\Phi_v (O_1)$	Різець прохідний Різець канавочний
2	Зовнішня конічна	Зняття фасок	Коло та точка	Пряма	Сліду	Сліду, копійов.	$\Phi_v (O_1, P_2)$ $\Phi_v (O_1)$	Різець прохідний
3	Зовнішня гвинтова	Нарізка різі різцем	Гвинт. лінія	Пряма	Сліду	Копійов.	$\Phi_v (O_1, P_2)$	Різець різевий
4	Зовнішня фасонна	Фасонне обточування	Коло	Крива	Сліду	Сліду, копійов.	$\Phi_v (O_1, P_2, P_3)$ $\Phi_v (O_1)$	Різець фасонний
5	Плоска торцева	Підрізка торців, відрізка	Коло, пряма	Пряма	Сліду	Сліду, копійов.	$\Phi_v (O_1, P_2)$ $\Phi_v (O_1)$	Різець підрізний, відрізний
6	Внутрішня циліндрична	Свердління, зенкерування	Пряма	Коло	Сліду	Сліду	$\Phi_v (O_1, P_2)$	Свердла, зенкери,
		розвертання Розточування	Пряма	Коло	Сліду	Сліду	$\Phi_v (O_1, P_2)$	розвертки. Розточний різець

Згідно табл. 2.5 для всіх операцій складаємо технологічні схеми різання, на яких показуємо взаємне положення заготовки і інструменту,

					<i>КРБ 21-465.00.00.000</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



формоутворюючі рухи і рухи подач, а також напрямки цих рухів. Відповідно всі ці рухи забезпечують слідуючі виконавчі ланки:

- головний рух: обертання шпинделя (деталі);
- рухи подач: поздовжні, поперечні.

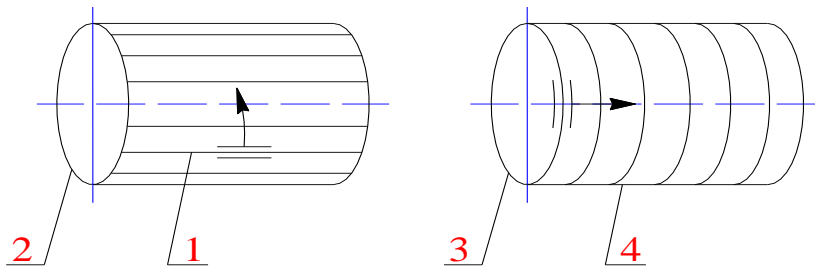


Рис 2.2 Схема утворення циліндричної поверхні.

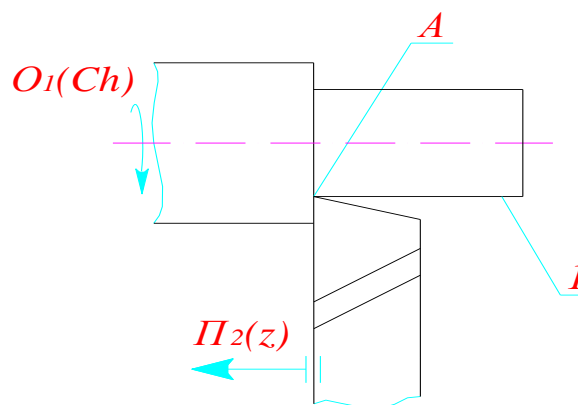


Рис 2.3 Утворення твірної лінії методом сліду

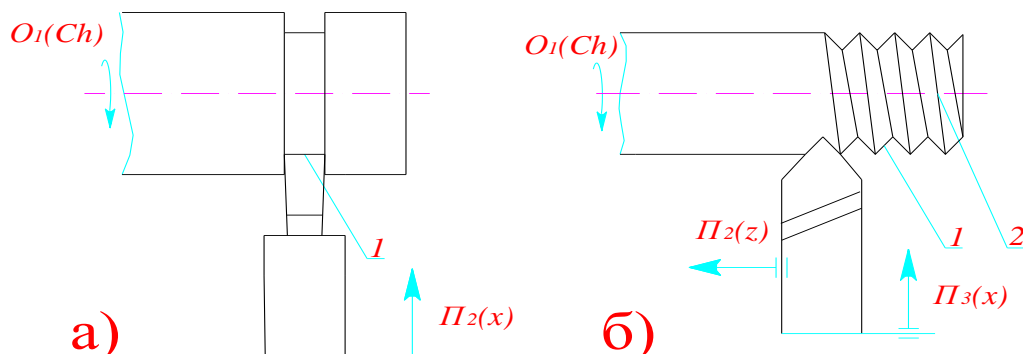


Рис. 2.4– Утворення твірних ліній методом копіювання

					КРБ 21-465.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Проведемо вибір різального та вимірювального інструменту, що буде необхідний для здійснення спроектованого технологічного процесу виготовлення деталі «Гвинт спеціальний 21801203064» та представимо його результати у вигляді таблиці 2.6.

Таблиця 2.6. – Вибір різального та вимірювального інструменту

№ операції	Назва операції	Інструмент	
		різальний	вимірювальний
1	2	3	4
010	Токарно-револьверна	Різець У6162-1324-11-06 Т15К6 Різець У6242-5790, У6163-3518, У6161-5788-03, У6162-2895-02	Штангенциркуль ШЦ-I-125 <sub>-0,1</sub> ГОСТ166-80. Мікроскоп МИМ2, Кутомір УМ-2 ГОСТ5378-66, Мікрометр МК-25 ГОСТ6507-78 Шаблони У506900037, У506900038, Скоби 50256042С5, 5025916С3,
015	Обдирочно-шліфувальна	Круг ПП300×40×76 14А25С2Т2К	Штангенциркуль ШЦ-I-125 <sub>-0,1</sub> ГОСТ166-80
025	Безцентрово-шліфувальна	Круг ПП300×80×305 14А25СТ112 Круг ПВД250×50×127 алюмінієвий	Мікрометр МК-50 ГОСТ6507-78 Шаблони спеціальні Спецкалібр
030	Фрезерна	Фрези парні У6152-0978	Скоба 50255085С4 Індикатор ИЧ-0,2 ГОСТ577-78
035	Обдирочно-шліфувальна	Круг ПП300×40×76 14А25С2Т2К	Штангенциркуль ШЦ-I-125 <sub>-0,1</sub> ГОСТ166-80
040	Фрезерна	Фреза У6152-0495	Шаблон У6035-1863 Індикатор ИЧ-0,2 ГОСТ577-78
050	Безцентрово-шліфувальна	Круг ПП300×80×305 14А25СТ112 Круг ПВД250×50×127 алюмінієвий	Штангенциркуль ШЦ-I-160 <sub>-0,05</sub> ГОСТ166-80 Мікроскоп МИМ2 Індикатор ИЧ-0,2 ГОСТ577-78 Шаблони У50690008, У50690009

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ 21-465.00.00.000					

055	Токарно револьверна	Різець У6162-0236-03	Штангенциркуль ШЦ-I-125 <sub>-0,1</sub> ГОСТ166-80. Мікроскоп МИМ2, Кутомір УМ-2 ГОСТ5378-66, Мікрометр МК-25 ГОСТ6507- 78 Шаблони У506900061, У506900058,
070	Різенакатна	Ролики різенакатні У6146-1042	Різьбові кільця У6046-0029, У6046-0030, У6024-1376 Скоба У6024-1315 Індикатор ИЧ-0,2 ГОСТ577-78
080	Горизон- тально- фрезерна	Фреза У6152-1095	Штангенциркуль ШЦ-I-125 <sub>-0,1</sub> ГОСТ166-80 Індикатор ИЧ-0,2 ГОСТ577-78 Шаблони радіусні РШ-1 ГОСТ4126-82
085	Горизон- тально- фрезерна	Фреза У6152-1621	Штангенциркуль ШЦ-I-125 <sub>-0,1</sub> ГОСТ166-80 Калібр У6030-4323
090	Обдирочно- шліфувальна	Круг ПП300×40×76 14A25C2T2K	Штангенциркуль ШЦ-I-125 <sub>-0,1</sub> ГОСТ166-80
100	Безцентрово- шліфувальна	Круг ПП300×80×305 14A25CT112 Круг ПВД250×50×127 алюмінієвий	Штангенциркуль ШЦ-I-160 <sub>-0,05</sub> ГОСТ166-80 Мікроскоп МИМ2 Індикатор ИЧ-0,2 ГОСТ577-78 Скоба СУ6024-1729, Спецкалібри Шаблони спеціальна

					КРБ 21-465.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

#### 3.1 Кінематичний розрахунок

##### 3.1.1 Розрахунок граничних режимів різання

Враховуючи мінімальний і максимальний розмір заготовок призначаємо максимальну і мінімальну глибини різання:

$$t_{\max}=5 \text{ мм};$$

$$t_{\min}=0,7 \text{ мм.}$$

Згідно довідкової літератури максимальна і мінімальна подачі:

$$S_{\max}=0,4 \text{ мм/об};$$

$$S_{\min}=0,3 \text{ мм/об.}$$

Тоді визначаємо граничні швидкості різання при відповідних подачах і коефіцієнтах:

$$v_{\max} = 158 \text{ м / хв}$$

$$v_{\min} = 25 \text{ м / хв}$$

##### 3.1.2 Визначення граничних чисел обертів шпинделя і обґрунтування структурної формули приводу

Верхню і нижню межу чисел обертів шпинделя розраховують за формулами:

$$n_{\max} = \frac{1000 \cdot v_{\max}}{\pi \cdot d_{\min}} \text{ об / хв};$$

$$n_{\min} = \frac{1000 \cdot v_{\min}}{\pi \cdot d_{\max}} \text{ об / хв};$$

$$n_{\max} = \frac{1000 \cdot 158}{3,14 \cdot 20} = 2390 \text{ об / хв};$$

$$n_{\min} = \frac{1000 \cdot 25}{3,14 \cdot 40} = 190 \text{ об / хв};$$

Діапазон регулювання:

$$R = \frac{n_{\max}}{n_{\min}} = \frac{2390}{190} = 12.$$

					<b>КРБ 21-465.00.00.000</b>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Бойко</i>			<b>КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ</b>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Лещук</i>						
<i>Консульт.</i>								
<i>Н. Контр.</i>		<i>Кобельник</i>						
<i>Зав.каф.</i>		<i>Кобельник</i>						
						<i>ТНТУ, гр. МВзс-41</i>		

Вибираємо значення ряду геометричної прогресії “φ”, вибір якого буде диктуватися необхідною точністю регулювання швидкостей, ступінню універсальності верстату і його типом. Приймаємо φ=1,26.

Визначаємо число ступеней коробки швидкостей:

$$z = 1 + \frac{\lg R}{\lg \varphi}$$

$$z = 1 + \frac{\lg 12}{\lg 1,26} = 11,75$$

В приводі виходить перекриття швидкостей, так як  $z = 11,75$  заокруглимо в більшу сторону до  $z = 12$ .

Складаємо структурну формулу, яка записується у вигляді добутку:

$$z = P_1(x_1) \cdot P_2(x_2) \cdot P_3(x_3) \cdot \dots,$$

де  $P_1, P_2, P_3 \dots$  - число, яке вказує на кількість передач в кожній незалежній групі;

$x_1, x_2, x_3 \dots$  - характеристики відповідних незалежних груп.

Для забезпечення мінімальних габаритів коробок швидкостей необхідно, щоб виконувались умови:

$$1) P_1 > P_2 > P_3;$$

$$2) x_1 < x_2 < x_3;$$

### 3.1.3 Побудова структурних сіток і графіків чисел обертів.

Будуємо структурну сітку. Виконуємо побудову графіка чисел обертів.

1) Уточняємо числа обертів шпинделя згідно стандартного значення знаменника φ.

Найближче мінімальне значення згідно норми n=200 об/хв.

При z=12 ряд чисел обертів шпинделя згідно норм буде:

160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1440, 2000, 2500(об/хв).

					<i>КРБ 21-465.00.00.000</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2) Записуємо оптимальний варіант структурної формули:

$$z = 3(1) \cdot 2(3) \cdot 2(6).$$

і проводимо її аналіз на предмет граничного діапазону регулювання:

$$x_3 = \frac{\lg 8}{\lg 1,26} = 9$$

Оскільки  $x_3 = x_{\max} = 9$ , побудова графіка чисел обертів у вигляді нормальної структури можлива.

3) Будуємо структурне поле і наносимо на нього характеристики груп і числа незалежних груп (див. графічну частину).

4) Поводимо аналіз кожної групової передачі, тобто визначаємо кількість клітинок по графіку повинен пересікти промінь понижуючої передачі кожної групи.

Нахил променів на графіку чисел обертів відповідає конкретним значенням передаточних відношень, які повинні відповідати умові  $\frac{1}{4} \leq i \leq 2$ .

Отримані передаточні відношення визначаються в подальшому через числа зубців окремих складових передач.

а) одинична передача:

$$\frac{1}{1,26} = \frac{1}{1,26}; y=1.$$

б) основна група:

$$\frac{1}{1,6} = \frac{1}{\varphi^y} = \frac{1}{1,26^4}; y=2.$$

в) перша переборна група:

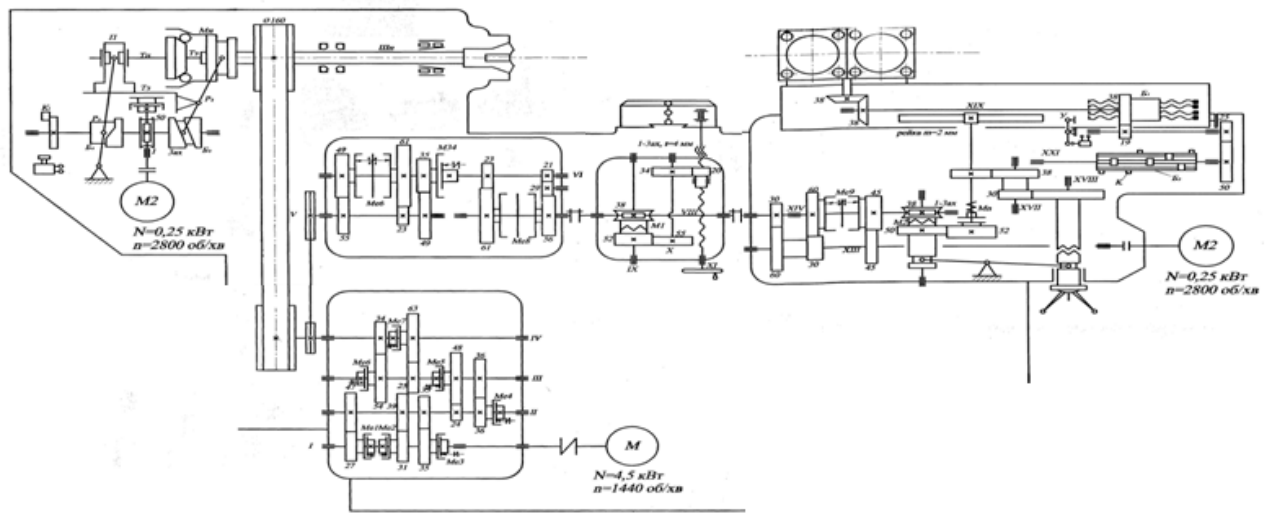
$$\frac{1}{2} = \frac{1}{\varphi^y} = \frac{1}{1,26^3}; y=3.$$

г) друга переборна група:

$$\frac{1}{2,5} = \frac{1}{\varphi^y} = \frac{1}{1,26^4}; y=4.$$

Таким чином промінь першої групи перетне одну клітинку. Основної групи – дві клітинки, першої переборної групи – три клітинки, другої переборної – чотири.

					<i>КРБ 21-465.00.00.000</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Кінематична схема токарно-револьверного верстата

					КРБ 21-465.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.1) Визначення передаточних відношень і чисел зубів коліс зубчастих механізмів.

Числа зубців механізмів визначаються декількома методами: табличним, пошуком найменшого спільного кратного і методом підбору по найменшим або найбільшим передаточним відношенням окремих груп (лімітуючому).

$$U_0 = \frac{D_1}{D_2} = 1,$$

де  $D_1=D_2$  – діаметри ведучого і веденого шківів.

$$U_1 = \frac{z_1}{z_2} = \frac{1}{\varphi^2} = \frac{1}{1,26^2} = \frac{1}{1,6};$$

$$U_2 = \frac{z_3}{z_4} = \frac{1}{\varphi} = \frac{1}{1,26};$$

$$U_3 = \frac{z_5}{z_6} = \frac{1}{\varphi^0} = \frac{1}{1,26^0} = 1;$$

$$U_4 = \frac{z_7}{z_8} = \frac{1}{\varphi^3} = \frac{1}{1,26^3} = \frac{1}{2};$$

$$U_5 = \frac{z_9}{z_{10}} = \frac{1}{\varphi^0} = \frac{1}{1,26^0} = 1;$$

$$U_6 = \frac{z_{11}}{z_{12}} = \frac{1}{\varphi^4} = \frac{1}{1,26^4} = \frac{1}{2,5};$$

$$U_7 = \frac{z_{13}}{z_{14}} = \varphi^2 = 1,6;$$

Згідно додатку 2[4] вибираємо числа зубців у відповідності з передаточними відношеннями, а результати заносимо в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 - Результати розрахунків

U	Основна група			I - а переборна		II - а переборна	
	$U_1 = \frac{1}{1,6}$	$U_2 = \frac{1}{1,26}$	$U_3 = 1$	$U_4 = \frac{1}{2}$	$U_5 = 1$	$U_6 = \frac{1}{2,5}$	$U_7 = 1,6$
$\frac{z_i}{z_{i+1}}$	$\frac{27}{43}$	$\frac{31}{39}$	$\frac{35}{35}$	$\frac{24}{48}$	$\frac{36}{36}$	$\frac{25}{63}$	$\frac{54}{34}$
$\sum z$	70			72		88	



## 3.2 Вибір структури приводу та його компоновка

### 3.2.1 Визначення потужності приводу

Ефективна потужність визначається по формулі:

$$N_{\text{эф}} = \frac{P_Z \cdot V}{60 \cdot 1020} (\text{кВт}) ;$$

де  $P_Z$  – сила різання,  $P_Z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$  ;

$$C_p = 300 ; x = 1.0 ; y = 0.75 ; n = -0.15 ; K_p = 1 ;$$

$n=315$ об/хв. (див. графік частот обертів).

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 40 \cdot 315}{1000} = 39,56 \text{ м / хв} ;$$

$$t = 5 \text{ мм} ; S = 0,4 \text{ мм / об} .$$

$$P_Z = 10 \cdot 300 \cdot 5^{1,0} \cdot 0,4^{0,75} \cdot 39,56^{-0,15} \cdot 1 = 4346 \text{ Н} ;$$

$$N_{\text{эф}} = \frac{4346 \cdot 39,56}{60 \cdot 1020} = 2,8 \text{ кВт} ;$$

З умови жорсткості валів на кручення орієнтовно визначаємо діаметри валів за формулою:

$$d \geq (105 \dots 125)^4 \sqrt{\frac{N_E}{n_i \cdot \eta_{u.i}}} , \text{ мм}$$

$$d_1 \geq (105 \dots 125)^4 \sqrt{\frac{2,8}{1440 \cdot 0,96 \cdot 0,997}} = 24 \text{ мм} ;$$

$$d_2 \geq (105 \dots 125)^4 \sqrt{\frac{2,8}{900 \cdot 0,99 \cdot 0,99 \cdot 0,997}} = 30 \text{ мм} ;$$

$$d_3 \geq (105 \dots 125)^4 \sqrt{\frac{2,8}{900 \cdot 0,99 \cdot 0,99 \cdot 0,997}} = 30 \text{ мм} ;$$

Визначаємо втрати потужності на холості ходи:

$$N_{\text{х.х}} = K_M \cdot d_{\text{сп}} (n_1 + n_{\text{II}} + n_{\text{III}} + C_{\text{пум}})$$

$K_M=4 \cdot 10^{-6}$  – коефіцієнт втрат на тертя у приводі.

$$d_{\text{сп}} = \frac{(d_1 + d_2 + d_3)}{3} = \frac{24 + 30 + 30}{3} = 28 \text{ мм} ;$$

					<b>КРБ 21-465.00.00.000</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n_I = n_{\text{дв}} = 1440 \text{ об / хв};$$

$$n_{II} = n_{\text{дв}} \cdot U_1 = 1440 \cdot \frac{1}{1,6} = 864 \text{ об / хв};$$

$$n_{III} = n_{II} \cdot U_5 = 864 \cdot 1 = 864 \text{ об / хв};$$

$$n_{\text{шп}} = n_{III} \cdot U_6 = 864 \cdot \frac{1}{2,5} = 345,6 \text{ об / хв};$$

$$C = K_{\text{шп}} \cdot \frac{d_{\text{шп}}}{d_{\text{ср}}};$$

Приймаємо  $d_{\text{шп}}=70\text{мм}$ .

$K_{\text{шп}}=1,5$  – для підшипників кочення.

$$C = 1,5 \cdot \frac{70}{28} = 3,75$$

$$N_{X.X} = 4 \cdot 10^{-6} \cdot 28 \cdot (1440 + 864 + 864 + 3,75 \cdot 345,6) = 0,5 \text{ кВт}.$$

$$N_{\text{дв}} = \frac{N_e}{k \cdot \eta} + N_{X.X} = \frac{2,8}{0,96 \cdot 0,99 \cdot 0,997} + 0,5 = 3,5 \text{ кВт}.$$

Вибираємо електродвигун серії АО-51-4.

$N=4,5\text{кВт}$ ,  $n=1440$  об/хв.

### 3.2.2 Визначення обертових моментів

Визначаємо розрахункові обертові моменти:

$$T_{\text{об.}} = 9550 \cdot \frac{N_{\text{дв.}} \cdot \eta}{n_{\text{розр.}}}, \text{ де}$$

$N_{\text{дв.}} = 4,5$  кВт – номінальна потужність двигуна;

$\eta$  - ККД механізму від електродвигуна до розглядуваного вала.

$n_{\text{розр.}}$  - розрахункова частота обертання вала (об/хв).

$$\eta = \eta_{II} \cdot \eta_{\text{зм}}^3 \cdot \eta_{\text{п.лоч}}^3 = 0,97 \cdot 0,99^3 \cdot 0,997^3 = 0,945$$

$$T_{\text{об.1}} = 9550 \cdot \frac{4,5 \cdot 0,945}{1440} = 28,2 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

					<b>КРБ 21-465.00.00.000</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_{об.2} = 9550 \cdot \frac{4,5 \cdot 0,945}{864} = 47 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$T_{об.3} = 9550 \cdot \frac{4,5 \cdot 0,945}{864} = 47 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$T_{об.4} = 9550 \cdot \frac{15 \cdot 0,945}{315} = 128,9 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

### 3.3 Опис коробки передач

В розточках корпуса редуктора (КШ) на підшипниках кочення обертаються чотири вали з розміщеними на них чотирнадцятьма шестернями і шістьома електромагнітними муфтами, які складають механізм редуктора. На привіднім валі 35, який з'єднується з валом електродвигуна при допомозі еластичної муфти на шліцах насаджено шестерні, які вільно обертаються на підшипниках і входять в зачеплення з зубчастими колесами, що сидять нерухомо на шліцах валу II. На валі II також насаджена жорстко на шліцах, яка з'єднана з зубчастим колесом, що обертається на підшипниках, валу III; на валу II також розміщена шестерня, що обертається на підшипниках і знаходиться в зачепленні з зубчастим колесом, яке жорстко сидить на шліцах валу III. На цьому валі жорстко сидить колесо, яке зачеплене з вільно обертаючим колесом валу IV і зубчате колесо, яке вільно обертається на підшипниках і входить в зачеплення з жорстко закріпленим на шпонці зубчастим колесом валу IV.

На валах I, II і III на шліцевих валах нерухомо закріплені корпуси шести багатодискових електромагнітних муфт. На валі IV на шпонці сидить шліцева втулка, на якій також нерухомо закріплений корпус багатодискової електромагнітної фрикційної муфти.

Три диски кожної муфти мають внутрішні шліци, з допомогою яких зачіпляються з шліцевим валом, а три зовнішні, які входять в пази шестерень, що вільно обертаються на підшипниках кочення.

При вмиканні електромагнітної муфти якір переміщаючись по шліцевому валу стискає диски, між якими виникають сили тертя, що виключають їх відносно провертання і шестерня починає передавати на вал певне число

					<i>КРБ 21-465.00.00.000</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

обертів.

Шків 16, який сидить на підшипниках кочення на шпонці, отримує обертання від вала IV через фланець, який зв'язаний з валом при допомозі шліців.

Підведення напруги до котушок електромагнітних муфт здійснюється через спеціальні струмопідводи із щітками і контактні кільця на муфтах.

Охолодження дисків муфт здійснюється пропусканням між ними масла. Змащення зубів шестерень і підшипників кочення, на яких обертаються вали і шестерні, здійснюється масляним туманом, який утворюється при розбризкуванні масла зубчастими колесами.

### 3.4 Силовий розрахунок приводу.

#### 3.4.1 Розрахунок зубчастих передач.

Матеріал зубчастих коліс.

Вибираємо для шестерні і колеса сталь 40X з гартуванням ТВЧ до твердості HRC:

для шестерні HRC 55...58,

для колеса HRC 50...55.

Проводимо розрахунок перед шпindelної прямозубої передачі  $z_{11}$ ,  $z_{12}$ .

Для шестерні і колеса твердість зубів  $H_{11}=480\text{HB}$ .

$\Sigma_{B11}=900\text{МПа}$ ,  $\sigma_{T11}=750\text{МПа}$ .

а) допустимі контактні напруження.

Границі контактної витривалості зубів шестерні і колеса:

$$\sigma_{\text{limb}11}=\sigma_{\text{limb}12}=17 \cdot 11_{\text{HRC}}+200=17 \cdot 50+200=1050\text{МПа};$$

Визначаємо базу випробувань для шестерні і колеса:

$$N_{HO11} = N_{HO12} = 30 \cdot H^2 = 30 \cdot 480^{2,4} = 8,2 \cdot 10^7$$

$K_{HL}=1$  – коефіцієнт довговічності для зубів шестерні та колеса.

Допустимі контактні напруження для зубців шестерні та колеса при коефіцієнті

$z_R = 1$  та коефіцієнт довговічності  $S_n=1,1$ .

					<i>КРБ 21-465.00.00.000</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$[\sigma]_{H11} = [\sigma]_{H12} = \frac{\sigma_{H \lim b11} \cdot z_R \cdot K_{HL}}{S_n} = \frac{1050 \cdot 1 \cdot 1}{1,1} = 954 \text{ МПа} ;$$

Допустиме граничне контактне напруження:

$$[\sigma]_{H \max} = 40 \cdot H_{HRC} = 40 \cdot 50 = 2000 \text{ МПа} .$$

б) допустиме напруження на згин:

$$\sigma_{Hlimb} = 600 \text{ МПа}$$

Коефіцієнт довговічності для зубів шестерні та колеса –  $K_{FL} = 1$ .

Допустимі напруження на згин для зубів шестерні та колеса при коефіцієнті  $K_{FL} = 0,75$

$$[\sigma]_{H11} = [\sigma]_{F12} = \frac{\sigma_{H \lim b11} \cdot K_{Fi} \cdot K_{HL}}{S_F} = \frac{600 \cdot 1 \cdot 0,75}{2,2} = 205 \text{ МПа} ;$$

Для зубів шестерні і колеса допустиме напруження на згин:

$$[\sigma]_{F \max} = \frac{6 \cdot H_{H\beta}}{S_F} = \frac{6 \cdot 480}{2,2} = 1309 \text{ МПа} ;$$

Визначаємо модуль передачі з умови міцності на згин:

$$m_u = 12,63 \sqrt{\frac{T_{об.} \cdot K_u}{y \cdot z_k \cdot \psi_m \cdot [\sigma]_u}} , \text{ мм}$$

Значення  $y = 0,285$  для  $z_k = 64$ .

$\psi_m = \frac{b}{m} = 6$  – коефіцієнт відносної ширини колеса.

Коефіцієнт перегрузки  $K_u = K_H \cdot K_{\partial.и.} \cdot K_{мр.и.}$ , де

$K_H = 1$  – коефіцієнт перегрузки приймаючи рівномірний характер руху.

Для 6 ступені точності і орієнтовної швидкості 5 м/с  $K_{\partial.и.} = 1,1$ .

Для жорсткого валу при  $\frac{\psi_m}{z} = \frac{6}{64} < 0,2$   $K_{мр.и.} = 1$ .

Знаходимо  $K_u = 1 \cdot 1,1 \cdot 1 = 1,1$ .

$[\sigma]_u$  - допустиме напруження на згин знаходимо, задавшись матеріалом і термообробкою коліс.

$$[\sigma]_u = \sigma_{\partial.и.} \cdot K_{шт.} \cdot K_{и.реж.} , \text{ де}$$

					<b>КРБ 21-465.00.00.000</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\sigma_{и.д.} \cdot i \sigma_{к.д.}$  - тривалі границі витривалості зубів.

$$\sigma_{и.д.} = 240 \text{ МПа} , \sigma_{к.д.} = 900 \text{ МПа} .$$

При чистовому режимі шліфування  $K_{шл.} = 1.05$  .

$K_{и.реж.}$  ,  $K_{к.реж.}$  - коефіцієнти нестационарного режиму навантаження, враховують те, що передачі універсальних верстатів не завжди передають повну потужність, що дозволяє підвищити допустимі напруження порівняно з тривалими границями витривалості.

$$K_{и.реж.} = 1.4 .$$

Звідси  $[\sigma]_u = 240 \cdot 1.05 \cdot 1.4 = 350 \text{ МПа} .$

Тоді

$$m_u = 12,6 \sqrt[3]{\frac{47 \cdot 1,1}{0,285 \cdot 48 \cdot 6 \cdot 350}} = 2,54 \text{ мм} .$$

Згідно стандартного ряду  $m=2,5\text{мм}$ .

Міжосьова відстань рівна:

$$a_w = A = \frac{m \cdot (z_{11} + z_{12})}{2} = \frac{2,5 \cdot (25 + 63)}{2} = 110 \text{ мм} ;$$

Проводимо перевірочний розрахунок.

Ділильні діаметри шестерні і колеса:

$$d_{11} = m \cdot z_{11} = 2,5 \cdot 25 = 62,5 \text{ мм} .$$

$$d_{12} = m \cdot z_{12} = 2,5 \cdot 63 = 157,5 \text{ мм} .$$

Ширина зубчастих вінців:

$$b_{12} = \psi_{ba} \cdot a_w = 0,2 \cdot 110 = 22 \text{ мм} .$$

$\psi_{ba} = 0,2$  - коефіцієнт ширини вінця.

$$b_{11} = b_{12} + m_a = 22 + 2 = 24 \text{ мм} .$$

Колова швидкість зубчастих коліс:

$$V = 0,5 \cdot \omega_{11} \cdot d_{11} ;$$

$$\omega_{11} = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3,14 \cdot 864}{30} = 90,4 \text{ рад / с}$$

$$V = 0,5 \cdot 90,4 \cdot 62,5 \cdot 10^{-3} = 2,82 \text{ м / с} ;$$

					<b>КРБ 21-465.00.00.000</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибираємо 8-й степінь точності для всіх показників точності зубчастих коліс та передач. Еквівалентні числа зубів рівні дійсним числам:

оскільки  $\beta=0$ :  $z_{v11} = z_{11} = 25$

$$z_{v12} = z_{12} = 63$$

Коефіцієнт торцевого перекриття:

$$\varepsilon_{\alpha} = \left[ 1,88 - 3,2 \left( \frac{1}{z_{11}} + \frac{1}{z_{12}} \right) \right] \cdot \cos \beta = 1,88 - 3,2 \cdot \left( \frac{1}{25} + \frac{1}{63} \right) = 1,7 ;$$

Коефіцієнт осьового перекриття:

$$\varepsilon_{\beta} = \frac{b_{12} - \sin \beta}{\pi \cdot m} = \frac{22}{3,14 \cdot 2,5} = 2,8 ;$$

Колова сила в зачепленні:

$$F_t = F_{Ht} = F_{Ft} = \frac{2 \cdot T_3}{d_{11}} = \frac{2 \cdot 47 \cdot 10^3}{62,5} = 1504 \text{ Н}.$$

Розрахунок активних поверхонь зубців на контактну втому.

Для розрахунку попередньо визначимо такі коефіцієнти:

$Z_M=275 \text{ МПа}^{1/2}$  - коефіцієнт, що враховує механічні властивості матеріалів зубчастих коліс.

$Z_U=1,77$  – коефіцієнт форми спряжень поверхонь зубів.

$$Z_E = \sqrt{\frac{(\varphi - \varepsilon_{\alpha})}{3}} = \sqrt{\frac{(4 - 1,7)}{3}} = 0,87 \text{ - коефіцієнт сумарної довжини контактної лінії;}$$

$K_{H\alpha}=1,09$  – коефіцієнт, що враховує розподіл навантаження між зубами;

$K_{H\beta}=1,07$  – коефіцієнт нерівномірності навантаження по ширині зубчастих вінців;

$K_{HV}=1,16$  – коефіцієнт динамічного навантаження.

Питома розрахункова колова сила:

$$\omega_{Ht} = \left( \frac{F_{Ht}}{b_2} \right) \cdot K_{H\alpha} \cdot K_{H\beta} \cdot K_{HV} = \left( \frac{1504}{22} \right) \cdot 1,09 \cdot 1,07 \cdot 1,16 = 92,49 \frac{\text{Н}}{\text{мм}} ;$$

Розрахункове контактне напруження:

					<i>КРБ 21-465.00.00.000</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sigma_H = z_M \cdot z_U \cdot z_\varepsilon \cdot \sqrt{\left(\frac{\omega_{Ht}}{d_{11}}\right) \cdot \left(\frac{U_6 + 1}{U_6}\right)} = 275 \cdot 1,77 \cdot 0,87 \cdot \sqrt{\left(\frac{92,49 \cdot (2,5 + 1)}{62,5 \cdot 2,5}\right)} = 609 \text{ МПа}$$

$$[\sigma]_H = 954 \text{ МПа} > \sigma_H = 609 \text{ МПа} .$$

Отже, стійкість зубів проти втомного викришування їх активних поверхонь забезпечується.

Розрахунок активних поверхонь зубів на контактну міцність.

Під час дії максимального навантаження:

$$T_{MAX} = 2 \cdot T = 2 \cdot 47 = 94 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$\sigma_{HMAX} = \sigma_H \cdot \sqrt{\frac{T_{MAX}}{T}} = 609 \cdot \sqrt{\frac{94}{47}} = 861 \text{ МПа} ;$$

Контактна міцність зубів також забезпечується, оскільки:

$$\sigma_{HMAX} = 861 \text{ МПа} < [\sigma]_{HMAX} = 2000 \text{ МПа} .$$

Розрахунок зубів на втомну міцність при згині.

Розрахункові коефіцієнти будуть такими:

$Y_{F11} = 3,9; Y_{F12} = 3,62$  - коефіцієнти форми зубів.

$Y_\varepsilon = 1$  - коефіцієнт перекриття зубів;

$Y_\beta = 1$  - коефіцієнт нахилу зубів;

$K_{H\alpha} = K_{F\alpha} = 1$  – коефіцієнт, що враховує розподіл навантаження між зубами.

$K_{F\beta} = 1,12$  – коефіцієнт нерівномірності навантаження по ширині зубчастого вінця.

$K_{F\gamma} = 1,08$  - коефіцієнт динамічного навантаження.

$$\omega_{Ft} = \left(\frac{F_{Ft}}{b_2}\right) \cdot K_{F\alpha} \cdot K_{F\beta} \cdot K_{F\gamma} = \left(\frac{1504}{22}\right) \cdot 1 \cdot 1,12 \cdot 1,08 = 82,7 \frac{\text{Н}}{\text{мм}} ;$$

Розрахункове напруження згину в зубах шестерні і колеса:

$$G_{F11} = Y_{F11} \cdot Y_\varepsilon \cdot Y_\beta \cdot \frac{\omega_{Ft}}{m} = 3,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot \frac{82,7}{2,5} = 129 \text{ МПа} ;$$

$$G_{F12} = Y_{F12} \cdot Y_\varepsilon \cdot Y_\beta \cdot \frac{\omega_{Ft}}{m} = 3,62 \cdot 1 \cdot 1 \cdot \frac{82,7}{2,5} = 120 \text{ МПа} ;$$

Стійкість зубів проти втомного руйнування при згині забезпечується, оскільки

					<b>КРБ 21-465.00.00.000</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



розрахункові напруження згину менші від відповідних допустимих напружень:

$$[\sigma]_F = 205 \text{ МПа} ;$$

Розрахунок зубів на міцність при згині максимальним навантаженням:

$$\sigma_{F11MAX} = \sigma_{F11} \cdot \left( \frac{T_{MAX}}{T_F} \right) = 129 \cdot \left( \frac{94}{47} \right) = 258 \text{ МПа} ;$$

$$\sigma_{F12MAX} = \sigma_{F12} \cdot \left( \frac{T_{MAX}}{T_F} \right) = 120 \cdot \left( \frac{94}{47} \right) = 240 \text{ МПа} ;$$

Міцність зубів на згин при дії максимального навантаження також забезпечується, бо max. розрахункові напруження менші від граничних допустимих.

Розрахунок сил:

Колова сила:  $F_t = 1504 \text{ Н} ;$

Радіальна сила:  $F_r = F_t \cdot \text{tg} \alpha = 1504 \cdot \text{tg} 20^\circ = 548 \text{ Н} ;$

Розрахунок інших зубчастих передач здійснюємо на ЕОМ.

Визначаємо міжцентрові відстані для інших зубчастих передач:

$$A_2 = \frac{2,5 \cdot (24 + 48)}{2} = 90 \text{ мм}$$

$$A_3 = \frac{2,5 \cdot (31 + 39)}{2} = 87,5 \text{ мм} .$$

При розрахунках ми використовували стандартний модуль  $m=2,5\text{мм}$ , який приймається для зубчастих передач всієї коробки однаковий.

### 3.5 Розрахунок виконавчого органу

#### 3.5.1 Опис шпindelного вузла

Корпус шпindelної бабки являє собою жорстку відливку, яка має вікно для полегшення монтажу і регулювання і нішу для розміщення пульта керування.

В корпусі шпindelної бабки на підшипниках кочення змонтований шпindel.

В передній опорі встановлено два конічних роликів підшипники, натяг

					КРБ 21-465.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

яких регулюється гайкою 14 і фіксується такою ж контргайкою.

В задній опорі встановлені два радіально – упорних кулькових підшипники, які сприймають осьові і радіальні навантаження. Натяг здійснюється гайкою 15 і фіксується кільцем 16, що виключає можливість осьових переміщень шпинделя під навантаженням.

На лівому кінці шпинделя нерухомо закріплений шків 11, на який при допомозі клинопасової передачі обертання передається від шківа коробки передач. Вільний кінець шпинделя призначений для встановлення механізму затиску прутка.

Змащення підшипників шпинделя примусове. Масло підходить із масло роздільника, встановленого на шпиндельній бабці, підводиться по трубках і отвори в корпусі бабки.

### 3.5.2 Розрахунок шпиндельного вузла

1) Шуканий діаметр шпинделя:

$$D_{II} = \frac{K_{II}^3 \cdot j_{II}}{500 \cdot (1 - \beta^4)},$$

$K_{II} = l/D_{II} = 4 \dots 6$ . Приймаємо  $K_{II} = 4$ .

$l$  – віддаль між опорами.

$J_{II} = 250 \dots 500 \text{ Н/мкм}$  – рекомендована жорсткість на ділянці між опорами.

Приймаємо  $J_{II} = 500 \text{ Н/мкм}$  – для верстатів підвищеної точності.

$\beta = \frac{D_B}{D_{II}} = 0,1 \dots 0,6$ . Приймаємо  $\beta = 0,6$ .

$$D_{II} = \frac{4^3 \cdot 500}{500 \cdot (1 - 0,6^4)} = 73,5 \text{ мм} .$$

Приймаємо стандартне значення  $D_{II} = 80 \text{ мм}$ .

Внутрішній діаметр шпинделя:

$$D_{BH} = D_{зоб} \cdot \beta = 80 \cdot 0,6 = 48 \text{ мм} .$$

Міжопорна віддаль:

					<b>КРБ 21-465.00.00.000</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$l = k_{\text{ПР}} \cdot D_{\text{ЗОВ}} = 4 \cdot 80 = 320 \text{ мм.}$$

Під підшипники передньої опори приймаємо діаметр 85мм.

Діаметр шпинделя в задній опорі 60мм.

Максимальна швидкість обертання шпиндельного вала  $n_{\text{max}}=1500\text{об/хв}$ .

2) Розрахунок шпинделя на жорсткість покутку закручування:

$$\theta = \frac{M_{\text{кр}} \cdot l}{G \cdot J_p} \leq [\theta]$$

$$\sigma=8 \cdot 10^4 \text{ МПа};$$

$l$  – довжина частини вала, що закручується,  $l=400\text{мм}$ .

$$M_{\text{кр}}=130 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$J_p$  – момент інерції перерізу.

$$J_p = \frac{\pi \cdot D^4}{32} \cdot (1 - \alpha^4); \alpha_p = D_{\text{ВН}}/D_3;$$

$$J_p = \frac{3,14 \cdot 80^4}{32} \cdot \left(1 - \left(\frac{48}{80}\right)^4\right) = 3498312 \text{ мм}^4;$$

$$\theta_{\text{max}} = \frac{129 \cdot 10^3 \cdot 400}{8 \cdot 10^4 \cdot 3498312} = 1.8 \cdot 10^{-4} \text{ рад}$$

Отже, шпиндель задовольняє умову крутної жорсткості.

Визначимо величину прогину, при умові, що шпиндель розвантажений від шківів.



Рисунок 3.2 - Розрахункова схема

$$y = P \cdot \left[ \frac{(l+c)^2}{j_A \cdot l^2} + \frac{c^2}{j_B \cdot l^2} + \frac{c^3}{3 \cdot E \cdot I_K} + \frac{l \cdot c^2}{3 \cdot E \cdot I_{II}} \right],$$

де  $j_A=j_B=500\text{Н/мкм}=0,5\text{Н/мм}$ ,

					<b>КРБ 21-465.00.00.000</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$I_{\pi}=3498312\text{мм}^4$  – усереднений момент інерції на між опорній віддалі.

$$I_k = \frac{3,14 \cdot 85^4}{32} \cdot \left(1 - \left(\frac{48}{85}\right)^4\right) = 4601289 \text{ мм}^4 - \text{усереднений момент інерції на консолі.}$$

Шпиндель виготовлений із сталі 50Х.

$E=2 \cdot 10^5$  МПа – модуль пружності,

$l=320\text{мм}$  – віддаль між опорами,

$c=D_u=80\text{мм}$  – довжина консолі,

$P=4346\text{Н}$  – сила різання.

$$y = 4346 \cdot \left[ \frac{(320 + 80)^2}{500 \cdot 320^2} + \frac{80^2}{500 \cdot 320^2} + \frac{80^3}{3 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 4601289} + \frac{320 \cdot 80^2}{3 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 3498312} \right] = 1,3 \cdot 10^{-1} \text{ мм} .$$

$$y=1,3 \cdot 10^{-1} \text{ мм} < [y]=0,01 \cdot l=0,001 \cdot 320=3,2 \cdot 10^{-1} \text{ мм}.$$

Отже, деформація робочого кінця шпинделя під дією розрахункового зусилля менша допустимої.

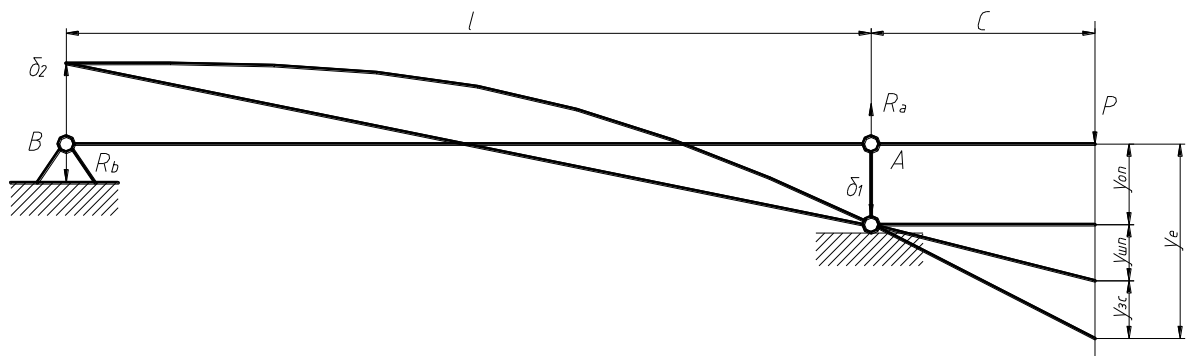


Рисунок 3.3 - Розрахункова схема.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ 21-465.00.00.000				

### 3.5.3 Визначення реакцій в опорах

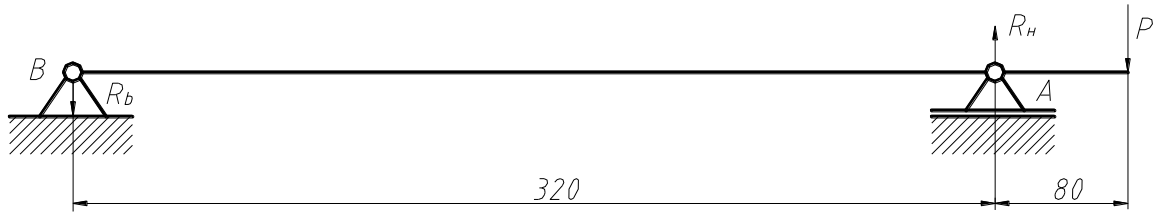


Рисунок 3.4 - Розрахункова схема

$$\sum M_B = P \cdot 400 - R_A \cdot 320 = 0$$

$$R_A = \frac{P \cdot 400}{320} = \frac{4346 \cdot 400}{320} = 5432,5 \text{ H} ;$$

$$\sum Y = -R_B + R_A - P = 0 ;$$

$$R_B = R_A - P = 5432,5 - 4346 = 1086,5 \text{ H} ;$$

### 3.5.4 Вибір і розрахунок підшипників кочення

Визначаємо колову швидкість:

$$\omega_{\text{max}} = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3,14 \cdot 2500}{30} = 260 \text{ рад/с};$$

Для передньої опори вибираємо підшипники роликові конічні однорядні середньої серії 7317 ГОСТ 33-71 з базовою статичною вантажопідйомністю  $C_r=22100\text{H}$ .

Для задньої опори вибираємо підшипники кулькові 312 ГОСТ 8338-75:  $C_0=4260\text{H}$ ,  $C_r=5600\text{H}$ .

Визначаємо розрахункове еквівалентне навантаження. Для типового режиму навантаження коефіцієнт інтенсивності  $K_t=0,4$ .

$V=1$  - обертається внутрішнє кільце;

$K_\sigma=1,5$  – коефіцієнт безпеки при короткочасних пере навантаженнях.

$K_T=1$  – температурний коефіцієнт при робочій температурі підшипника  $t=100^\circ\text{C}$ .

$X=1$ ;  $Y=0$ ;  $R_a=0$ ;  $R_r=R_A=5432,5\text{H}$ .

Знаходимо розрахункове контактне навантаження:

$$R = (X \cdot V \cdot R_r + Y) \cdot K_B \cdot K_T = 1 \cdot 1 \cdot 5432,5 \cdot 1,5 \cdot 1 = 8149 \text{ H} ;$$

					<i>КРБ 21-465.00.00.000</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З урахуванням режиму навантаження протягом строку служби:

$$R_E = K_E \cdot R = 0,4 \cdot 8149 = 3260 \text{ Н} ;$$

Розрахункова довговічність підшипників.

Для 90% надійності:  $a_1=1$ ,  $a_{23}=0,6$  – для роликів конічних.

$P=10/3$  – для роликів підшипників.

$$L = a_1 \cdot a_{23} \cdot \left( \frac{C_r}{R_E} \right)^P = 1 \cdot 0,6 \cdot \left( \frac{22100}{3260} \right)^{\frac{10}{3}} = 353,78 \times 10^6 \text{ об.}$$

Розрахункова довговічність:

$$L_k = \frac{1745 \cdot L}{\omega} = \frac{1745 \cdot 353,78}{260} = 2375 \text{ год.}$$

при максимальних обертах  $n=2500$ об/хв.

Для кулькових підшипників:

$$R = 1086,5 \cdot 1,5 = 1630 \text{ Н} ;$$

$$R_E = K_E \cdot R = 0,4 \cdot 1630 = 652 \text{ Н} .$$

$a_{23}=0,8$ ;  $P=3$ ;

$$L = a_1 \cdot a_{23} \cdot \left( \frac{C_r}{R_E} \right)^P = 1 \cdot 0,8 \cdot \left( \frac{5600}{652} \right)^3 = 506,89 \text{ млн.об.}$$

Розрахункова довговічність:

$$L_k = \frac{1745 \cdot L}{\omega} = \frac{1745 \cdot 506,89}{260} = 3402 \text{ год}$$

при  $n_{\max}=2500$ об/хв.

### 3.6. Розробка конструкції пристрою для токарної обробки

#### 3.6.1. Схема приспособлення та принцип його дії

Для токарної операції спроектовано токарний трьохкулачковий патрон з клиновим механізмом затиску. В пазах корпусу переміщуються повзуни 6, на яких за допомогою болтів встановлені кулачки 4. повзуни мають клинові

					<i>КРБ 21-465.00.00.000</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пази, які входять в клинові пази втулки 3. за допомогою гвинта 8 і втулки 15 клиновий механізм патрона з'єднується з приводом затиску верстату. Гвинт 8 стопориться гайкою з фіксатором і пружиною, рухомий механізм прикривається фланцем.

При русі втулки вправо повзуни і кулачки переміщуються від центра патрона і деталь вивільняється, при русі втулки вліво повзуни і кулачки патрона переміщуються до центру і деталь затискається.

### 3.6.2. Розрахунок приспособлення на точність

При даній схемі обробки і базування деталі в приспособленні умова забезпечення точності обробки по відомій методиці [7] може бути представлена у вигляді:

$$\pm yL_{\text{вир}} \geq Fy'L_{\text{конд}} \pm 2 \left[ K \frac{D_{\text{ВН}} - D_{\text{СМ}}}{2} \pm K \frac{d_{\text{ВН}} - d_{\text{СВ}}}{2} \pm m \varepsilon_{\text{роб}} \pm P(d_{\text{ВН}} - d_{\text{СВ}}) \frac{h+b}{l} \right];$$

де:  $yL_{\text{вир}}$  - граничне відхилення на міжцентрову віддаль для валів  $\varnothing 16h11^{+0,360} - 19$  мм. – по 10 квалітету точності розміщення поверхонь;

$y' = \pm 0,05$  мм. – граничне відхилення розмірів приспособлення нормальної точності;

$F = 0,8$  - коефіцієнт, що враховує ймовірну границю відхилення координат повзунів в корпусі патрона;

$K = 0,5$  - коефіцієнт, що враховує найбільшу границю зазорів в спряженнях і їх зміщення;

$m = 0,4$  - коефіцієнт, що враховує найбільшу ймовірну величину зміщення клина;

$P = 0,35$  - коефіцієнт, що враховує величину перекосу кулачка.

Тоді:

$$yL_{\text{вир}} = 0,8 \cdot 0,05 \cdot 90 + 2 \left[ 0,5 \frac{19 - 18,1}{2} + 0,02 + 0,35 (7,2 - 6,7) \frac{2 + 8}{15} \right] = 0,049$$

					<b>КРБ 21-465.00.00.000</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

0,049 мм. є менше допуску на точіння поверхонь 0,16:

$$yL_{\text{вир}} = 0,160 \text{ мм} \geq 0,049 \text{ мм} .$$

Отже, величина похибки, яку дає приспособлення менша від величини допуску отвору – приспособлення забезпечує необхідну точність.

### 3.7. Розробка конструкції приспособлення для фрезерування пазу

Для операції фрезерування пазу в торцевій поверхні болта спроектовано приспособлення, яке складається з опорної плити, до якої кріпиться дві вертикальних стойки. До стоек з можливістю повздовжнього переміщення кріпляться установочні призми, якими деталь затискується в пристрої. Знизу деталь впирається в упорний болт, який можна регулювати по висоті і таким чином регулювати виступ деталі до фрези верстату. Затиск деталі здійснюється гвинтовим механізмом, який дозволяє проворотом рукоятки 19 пересувати призми для притискування їх до деталі.

Пристрій закріплюється на робочому столі верстату за допомогою болтів, що вставляються в пази стола та основи корпуса приспособлення та базується на столі за допомогою направляючих шпонок.

Загальний вид приспособлення представлено на рис. 3.5., а складальне креслення - в графічній частині проекту.

					КРБ 21-465.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



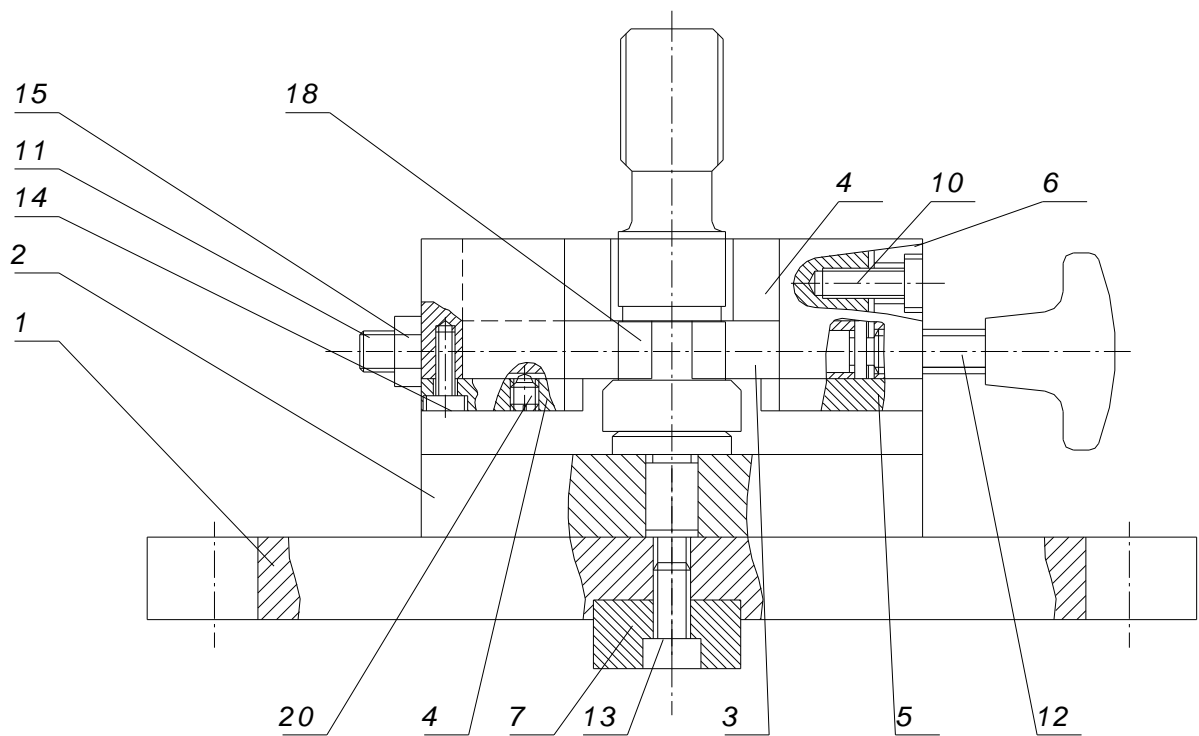


Рис. 3.5 Загальний вид пристосування для фрезерування пазу.

### 3.8. Розробка конструкції пристосування для контролю

Для контролю відхилення від паралельності циліндричних поверхонь болта спроектовано пристрій для контролю.

Він складається із стола, до якого за допомогою повзунів кріпиться стійка із закріпленим в ній годинниковим індикатором та щупами. На стіл ставиться призма із закріпленою контрольованою деталлю, За допомогою повзунків стійка пересувається по столі верстату, і за допомогою індикатора можна візуально контролювати відхилення паралельності поверхонь деталі.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ 21-465.00.00.000					

## 4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

### 4.1 Питання техніки безпеки при експлуатації установок високих, надвисоких і ультрависоких частот.

Земля постійно знаходиться під впливом електромагнітних полів, які випромінюють природні та штучні джерела. Наприклад Сонце випромінює в діапазоні в основному 10МГц...10ГГц. Спектр сонячного випромінювання досягає і більш короткохвильової області, яка включає в себе інфрачервоне, видиме, ультрафіолетове, рентгенівське та гамма-випромінювання. Інтенсивність випромінювання змінюється періодично, а також швидко та різко збільшується при хромосферних спалахах. Антропогенні (штучні) випромінювання охоплюють усі діапазони.

Під впливом електромагнітних випромінювань спостерігаються загальна слабкість, підвищена втома, пітливість, сонливість, а також розлад сну, головний біль, біль в ділянці серця. З'являється роздратування, втрата уваги, зростає тривалість мовнорухової та зоровомоторної реакцій. Виникає ряд симптомів, які є свідченням порушення роботи окремих органів – шлунку, печінки, селезінки, підшлункової та інших залоз.

Джерелами електротехнічних випромінювань є генератори, тракти передачі енергії від генератора до антени, антенні пристрої в радіотехнічних установках, електромагніти в установках для термічної обробки матеріалів, конденсатори, високочастотні трансформатори, фідерні лінії. При їх роботі в навколишнє середовище поширюються електромагнітні поля.

					<i>КРБ 21-465.00.00.000</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<b>БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ</b>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Бойко</i>						
<i>Перевір.</i>		<i>Лещук</i>						
<i>Консульт.</i>		<i>Окіпний</i>						
<i>Н. Контр.</i>		<i>Кобельник</i>						
<i>Зав.каф.</i>		<i>Кобельник</i>						
						<i>ТНТУ, гр. МВзс-41</i>		

Встановлені правилами гранично допустимі рівні електромагнітних полів поширюються на діапазон частот 30 кГц – 300 ГГц.

Таблиця 4.1 – Гранично допустимі рівні електромагнітних полів (безперервне випромінювання. Амплітудна або кутова модуляція)

№ діапазону	Метричний розподіл діапазонів	Частоти	Довжина хвиль	Гранично допустимий рівень
5	Кілометрові хвилі (низькі частоти, НЧ)	30-300 кГц	10-1 км	25 В/м
6	Гекаметрові хвилі (середні частоти, СЧ)	0,3-3 МГц	1-0,1 км	15 В/м
7	Декаметрові хвилі (високі частоти, ВЧ)	3-30 МГц	100-10 м	$31g\lambda$ В/м*
8	Метрові хвилі (дуже високі частоти ДВЧ)	3-300 МГц	10-1 м	3 В/м

\* Примітка  $\lambda$  – довжина хвилі в метрах або гранично допустимий рівень рівний  $7,43-31g f$ , де  $f$  – частота в МГц.

Електромагнітне поле високих і надвисоких частот, що несе з собою енергію, може самостійно поширюватись в просторі без провідника електроструму зі швидкістю, близькою до швидкості світла. Воно змінюється з цією ж частотою, що і струм, який його створив.

Коли дози електромагнітних випромінювань перевищують допустимі значення виникають професійні захворювання. Контроль інтенсивності опромінення повинен проводитись не рідше одного разу на рік, а також при введенні в дію нових чи реконструйованих старих генераторних установок і при зміні умов праці.

Для зменшення впливу електромагнітних полів на персонал та населення, яке знаходиться в зоні джерел випромінювання, потрібно взяти

					КРБ 21-465.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ряд заходів, до числа яких входять організаційні, інженерно-технічні та лікарсько-профілактичні.

Виключно важливе значення мають інженерно-технічні методи та способи захисту. Колективний захист спирається на розрахунок поширення електромагнітного поля в конкретних умовах рельєфу місцевості, використання природніх екранів, наприклад лісосмуг, гір, складок місцевості. Локальний захист дуже ефективний і часто використовується. Він базується на використанні радіозахисних матеріалів, які забезпечують високе поглинання енергії випромінювання у матеріалі та віддзеркалення від його поверхні. Для екранування шляхом віддзеркалення використовують металеві листи та сітки з доброю провідністю. Захист приміщень від зовнішніх випромінювань можна здійснити завдяки обклеюванню стін металізованими шпалерами, захисту вікон сітками, металізованими шторами. Опромінення у такому приміщенні зводиться до мінімуму, але відбите від екранів випромінювання пере розповсюджується у просторі та потрапляє на інші об'єкти.

До інженерно-технічних засобів також належать:

- конструктивна можливість працювати на заниженій потужності у процесі налагодження, регулювання та профілактики;
- робота на еквівалент налагоджування;
- дистанційне керування.

Для обслуговуючого персоналу, що знаходиться на невеликій відстані необхідно забезпечити надійний захист шляхом екранування апаратури.

					<i>КРБ 21-465.00.00.000</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

#### **4.2 Опис принципу дії системи пожежегасіння, що використовується в механічному цеху підприємства машинобудування**

Система протипожежного захисту – це сукупність організаційних заходів а також технічних засобів, спрямованих на запобігання впливу на людей небезпечних факторів пожежі та обмеження матеріальних збитків від неї (згідно ДСТУ 2272-93).

Важливим компонентом системи протипожежного захисту є система пожежегасіння. Вона включає в себе попереджувальні засоби – автоматичні датчики протипожежної сигналізації, які встановлюються в місцях найбільш ймовірного виникнення пожежі – на дільницях зварювання, термічної обробки та інших приміщеннях з підвищеною температурою, а також в складських приміщеннях, інструментальних коморах та місцях зберігання горючих та легкозаймистих матеріалів. Для ручного попередження працюючого персоналу про виникнення пожежі по периметру приміщення цеху, в місцях перебування людей розміщуються ручні сповісники – вмикачі пожежної сигналізації.

Для боротьби з пожежею передбачено 8 пожежних кранів, обладнаних пожежними рукавами і підключених до заводської системи подачі води, які з'єднані з водоймою для забору води. Передбачається на приміщення цеху розміщення протипожежних щитів, які обладнані інструментом – баграми, ломами, сокирами, вогнегасниками та ящиками з піском. Щити розміщуються в місцях входу – виходу із цеху, місцях зберігання легкозаймистих та горючих матеріалів. Для боротьби з вогнем, який виникає на електроустаткуванні, передбачено використання ручних вуглекислотних вогнегасників типу ОУ-2 та ОУ-5, які розміщуються на пожежних щитах на кожній дільниці в кількості 2-4 шт. на дільницю. Також передбачено

					КРБ 21-465.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розміщення в цеху двох пересувних вуглекислотних вогнегасників типу УП-2М.

Також для попередження розповсюдження вогню в цеху передбачається створення протипожежної перешкоди між дільницею термічної обробки та складом мастильних матеріалів у вигляді вогнетривкої стіни, яка спирається на фундамент, встановлюється на всю висоту цеху та немає в своїй конструкції горючих матеріалів і вікон та проїомів.

Для подачі води, на віддалі 5,5 м від зовнішньої стіни цеху передбачається встановлення двох пожежних гідрантів, які підключені до заводської системи водопостачання.

#### **4.3 Змащувально-охолоджувальні рідини та їх використання на металообробних верстатах. Гігієна праці при роботі із ЗОР**

Для покращення процесу обробки деталі на металорізальних верстатах, відводу тепла і змащування деталі та інструменту на підприємствах використовують 8 – 5 % розчин синтетичної ЗОР “Аквол - 10”.

При користуванні цими рідинами слід суворо дотримуватись правил техніки безпеки, порушення яких може спричинити тяжкі наслідки. В процесі обробки деталі різанням з використанням ЗОР робітники безпосередньо контактують з нею при заміні інструменту, наладці верстату, прибиранні обладнання. В процесі обробки відбувається розбризування рідини, яка потрапляє на відкриті частини тіла та спецодяг. При попаданні цих рідин на відкриті ділянки тіла людини можуть виникнути масляні вугрі та гнійні захворювання шкіри.

Масляні вугрі являють собою ураження волосяних мішечків та безпосередньо пов'язаних з ними сальних залоз. Затримуючись в отворах волосяних мішечків, мінеральні мастильні матеріали впливають на клітини та спричинюють їх розростання у зону волосяних мішечків. Розростання клітин

					КРБ 21-465.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

спричиняє закупорювання волосяного мішечка і створює перешкоду для відтоку шкіряного сала, що виробляється сальними залозами. На поверхні шкіри дія масла виникає утворення вугрів, які насамперед поражають передпліччя, а також закриті ділянки тіла, що контактують із забрудненою маслами одежею: живіт, передня поверхня стегон.

Спостереження показують, що ступінь ураження масляними вугрями залежить від умов праці. При роботі на верстатах із сульфореольним охолодженням, де велике розбризування, при відсутності належної гігієни у робітника, а також при незадовільному прибиранні робочого місця захворювання збільшуються.

Гнійні захворювання шкіри утворюються гноєтворними мікробами, найчастіше стафілококами, рідше стрептококами. Перші завжди є на шкірі людей, але не завжди викликають гнійні захворювання. Крім того гнійні захворювання можуть виникнути із “масляного вугря”. Велике значення має також забрудненість масла гноєтворними мікробами, які попадають туди разом з пилюкою та брудом при незадовільному прибиранні цеху. Змащувально-охолоджувальні рідини забруднені мілкими механічними домішками спричиняють можливість утворення малих ран, через які в шкіру проникають гноєтворні мікроби.

При роботі з емульсіями рекомендується застосовувати емульсол із складом органічних кислот не більше 20 %; додавати в емульсію для нейтралізації кальциновану соду у складі 0,3 % (каустінову соду використовувати заборонено); забезпечити в емульсії склад вільного їдкого натру не більше 0,025 %; кількість мила не більше 1 %; забезпечити систематичний нагляд заводської лабораторії за складом лугів та мил в емульсії. Замінювати емульсію у верстатах не рідше двох разів на місяць.

Для попередження шкіряних захворювань необхідно: проводити нагляд за тим, щоб захисні кожухи верстатів постійно були на своїх місцях; прибирати робоче місце не тільки після закінчення роботи, але й по мірі його

					КРБ 21-465.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

забруднення, проводити нагляд за очисткою корита і бачків верстата від бруду лопатою або дощаним сачком; стружку прибирати спеціальними засобами, а не руками; при роботі з емульсіями та маслами забезпечити робітників спецодягом виготовленим із щільної тканини, що добре очищається; проводити прання спецодягу один раз в 12 – 15 днів, а спецбілизни – один раз в тиждень; закріпляти за працюючим із сульфазрезолом окремі гардероби з індивідуальними шафками; проводити обов'язкову заміну білизни після роботи; видавати для миття рук тверде мило; кожного дня забезпечувати миття тіла під душем; забезпечити робочі місця достатньою кількістю обтирочного матеріалу; слідкувати за тим щоб для витирання рук не використовувався матеріал, яким витирають верстат; для захисту шкіри від подразнення при роботі з емульсіями і содовими розчинами застосовувати жирні мазі: вазелін, ланопин і 2 % буровську рідину, взяту рівними частинами 1:1 іхтіолову мазь і вазелінове масло.

					<i>КРБ 21-465.00.00.000</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		



## ВИСНОВКИ

В дипломній роботі проведено аналіз конструкції деталі “ Гвинт спеціальний 21801203064”, проаналізовано технічні вимоги, які ставляться до цієї деталі, проведено аналіз технологічності конструкції деталі в цілому. Також розглянуто технологічний процес механічної обробки корпусу на базовому підприємстві.

На основі проведеного аналізу та оцінки існуючих умов проведено техніко-економічне обґрунтування вибору оптимального техпроцесу. Для виконання операцій техпроцесу вибрано різальний та вимірювальний інструмент, обладнання, розраховано режими різання та норми часу.

Для виконання обробки деталі проведено кінематичний і конструктивний розрахунок токарно-револьверного верстата, спроектоване технологічне оснащення для виготовлення деталі. Розглянуто питання охорони праці, зроблено економічне обґрунтування прийнятих інженерно – конструкторських рішень, визначено річний економічний ефект від застосування більш прогресивної технології.

					<i>КРБ 21-465.00.00.000</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>ВИСНОВКИ</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Бойко</i>						
<i>Перевір.</i>		<i>Лещук</i>						
<i>Консульт.</i>								
<i>Н. Контр.</i>		<i>Кобельник</i>				<i>ТНТУ, гр. МВзс-41</i>		
<i>Зав.каф.</i>		<i>Кобельник</i>						

## ПЕРЕЛІК ПОСЛАНЬ

1. Кухарський О. М., Кушак І .В. Методичні вказівки для виконання курсового проекту з предмету: «Технологія машинобудування». Тернопіль, 2001. 280 с.
2. Кухарський О. М., Кузьмін М. І. Визначення припусків табличним методом. Тернопіль: видавництво ТДТУ, 2004. 135 с.
3. Боженко Л. І. Технологія машинобудування: проектування та виробництво. Львів: Світ, 1996. 368 с.
4. Ревнівцев М.П., Паршина Н. П. Режими різання на металообробних верстатах у машинобудуванні. Київ: А.С.К., 2006. 416с.
5. Паливода Ю. Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки : навч.-метод. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2019. 240 с.
6. Кочергін І. А. Конструювання і розрахунок металорізальних верстатів і верстатних комплексів. Курсове проектування: Посібник для вузів. - Мн .: Виш. шк., 1991. - 382 с.
7. Кузнецов Ю.М. Технологічне оснащення для високоефективної обробки деталей на токарних верстатах/ Ю.М. Кузнецов, І.В. Луців, О.В. Шевченко, В.Н. Волошин [Текст] - К.-: Тернопіль: Тернограф, 2011. -692с.
8. Жидецький В. Ц., Джигирей В. С. Практикум з охорони праці: навчальний посібник.Львів: Афіша, 2000 – 352 с.
9. Безпека виробничих процесів : довідник / під ред. С. В. Белова. – М : Машинобудування, 1985. – 448 с.
10. Дементій, Л. В. Охорона праці в механічних та складальних цехах / Л. В. Дементій, С. А. Гончарова. – Краматорськ : ДДМА, 2005. – 312 с. – ISBN 5-7763-1413-

					<b>КРБ 21-465.00.00.000</b>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ</b>	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Бойко						
Перевір.		Лещук						
Консульт.								
Н. Контр.		Кобельник				<b>ТНТУ, гр. МВзс-41</b>		
Зав.каф.		Кобельник						