

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Сумський державний університет**  
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій  
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри  
\_\_\_\_\_ Віталій ІВАНОВ

\_\_\_\_\_ 2024 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**на здобуття освітнього ступеня бакалавр**

зі спеціальності 133 – Галузеве машинобудування, освітньо-професійної програми  
«Металорізальні верстати та системи»

на тему: Конструкторсько-технологічне забезпечення виготовлення блоку шестерень проміжного вала токарно- гвинторізного верстата моделі 1К62.

Здобувача групи МВ-01/1 Горяєва Ігора Ігоровича

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

\_\_\_\_\_ Ігор ГОРЯЄВ

Керівник старший викладач, к.т.н., Андрій ДОВГОПОЛОВ \_\_\_\_\_

Нормоконтролер доцент, канд. техн. наук, доцент Артем ЄВТУХОВ \_\_\_\_\_

**ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ**  
**«Сумський державний університет»**

Інститут, факультет	<u>технічних систем та енергоефективних технологій</u>
Кафедра	<u>технології машинобудування, верстатів та інструментів</u>
Освітньо-науковий рівень	<u>перший (бакалаврський)</u>
Спеціальність	<u>133 «Галузеве машинобудування»</u>
Освітня програма	(шифр і назва) <u>«Металорізальні верстати та системи»</u> (шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри технології  
машинобудування, верстатів та  
інструментів  
\_\_\_\_\_ Віталій ІВАНОВ  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 року

**ЗАВДАННЯ**  
**ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (ПРОЄКТУ) СТУДЕНТУ**

Горяев Ігор Ігорович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Конструкторсько-технологічне забезпечення виготовлення блоку шестерень проміжного вала токарно-гвинторізного верстата моделі 1К62

керівник проекту Довгополов Андрій Юрійович, канд. техн. наук, ст.викладач  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «29» квітня 2024 року № 0447-VI

2. Строк подання студентом проекту (роботи) «1» червня 2024 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) \_\_\_\_\_  
деталь – «Блок шестерен» токарно-гвинторізного верстата моделі 1К62.

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

4.1 Аналіз службового призначення верстата, вузла, деталі

4.2 Розроблення робочого креслення заданої деталі

4.3 Аналіз структурних сіток

4.4 Вибір способу отримання заготовки

4.5 Розрахунок припусків на механічне оброблення поверхонь

4.6 Аналіз та обґрунтування схем базування й закріплення заготовки

4.7 Обґрунтування вибору металорізальних верстатів

4.8 Проектування верстатного пристрою

4.8 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

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

5.1 Креслення деталі

5.2 Креслення вихідної заготовки

5.3 Креслення маршрутного технологічного процесу виготовлення деталі

5.4 Креслення операційного налагодження

5.5 Креслення верстатного пристрою

6. Інша конструкторська та технологічна документація

5. Консультанти розділів проєкту (роботи)

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

6. Дата видачі завдання «\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 року

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Конструкторсько-технологічна частина	30.04.2024	
2	Охорона праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях	06.05.2024	
3	Оформлення пояснювальної записки	13.05.2024	
4	Оформлення креслень	24.05.2024	

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Керівник роботи (проєкту)

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Ігор ГОРЯЄВ**

\_\_\_\_\_ (ім'я та ПРИЗВИЩЕ)

**Андрій ДОВГОПОЛОВ**

\_\_\_\_\_ (ім'я та ПРИЗВИЩЕ)

## РЕФЕРАТ

Записка: 63 с., 17 рис., 14 табл., 14 літературних джерел.

Об'єкт роботи – деталь «Блок шестерень», яка входить до складу коробки швидкостей токарно-гвинторізного верстата моделі 1К62.

Мета роботи – розроблення креслення та технологічного процесу виготовлення деталі «Блок шестерень».

В роботі виконано аналіз службового призначення верстата моделі 1К62, вузла коробка швидкостей та деталі «Блок шестерень». Також проаналізовано технічні вимоги, що пред'являються до деталі та її конструкції. За допомогою техніко-економічного обґрунтування був обраний раціональний метод отримання заготовки для даних умов виробництва.

На прикладі двох механічних операцій: токарної з ЧПК та зубофрезерної з ЧПК було продемонстровано іновачії, що були впроваджені в технологічний процес виготовлення деталі. Також виконано обґрунтування вибору схеми базування і закріплення заготовки, вибір металорізального обладнання, верстатного пристрою, ріжучого та вимірювального інструмента. Визначено режими обробки. Виконано технічне нормування досліджуваних операцій.

У графічній частині роботи виконані креслення деталі, заготовки, верстатного пристрою і маршрутного технологічного процесу механічної обробки заготовки, операційної наладки на зубофрезерну з ЧПК операцію.

У додатку «Охорона праці» розглянуто пожежну профілактику при проектуванні та будівництві промислових підприємств.

ТОКАРНИЙ ВЕРСТАТ, ПРОМІЖНИЙ ВАЛ, БЛОК ШЕСТЕРЕНЬ,  
ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, РЕЖИМИ РІЗАННЯ

## ЗМІСТ

	с.
Вступ.....	3
1 Аналіз службового призначення верстата, вузла, деталі. опис конструктивних особливостей деталі та умов її експлуатації.....	4
2 Аналіз структурних сіток кінематичних вузлів верстата.....	10
3 Розроблення робочого креслення заданої деталі.....	14
4 Техніко-економічне обґрунтування способу отримання вихідної заготовки .....	17
5 Розроблення технологічного процесу виготовлення заданої деталі.....	21
5.1 Розрахунок припусків на механічне оброблення поверхонь.....	21
5.2 Аналіз та обґрунтування схем базування й закріплення заготовки .....	23
5.3 Обґрунтування вибору металорізального верстата .....	26
5.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів .....	28
5.5 Визначення режимів різання.....	29
6 Розроблення верстатного пристрою.....	46
Висновок .....	54
Перелік джерел посилання .....	55
Додаток А Креслення деталі .....	57
Додаток Б Результати розрахунку припусків.....	58
Додаток В Специфікація до верстатного пристрою .....	59
Додаток Г Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях .....	61

## ВСТУП

Машинобудування - галузь обробної промисловості з виробництва різноманітних машин і устаткування, що виготовляє засоби виробництва.

Машинобудування впливає на розвиток інших сфер господарської діяльності та відображає рівень науково-технічного стану та обороноздатності країни. У розвинених країнах на частку машинобудування припадає 25-35% ВВП і приблизно стільки ж від загальної чисельності зайнятих в економіці.

У машинобудуванні використовується велике різноманіття металорізальних верстатів: токарних, фрезерних, шліфувальних, зубообробних і т.д. Верстат як і будь-яка машина в процесі роботи зношується, тобто виходять з ладу окремі його деталі або вузли. І це впливає на якість отримуваної продукції, тому верстати необхідно відновлювати. Але знайти запчастини до стареньких верстатів вже досить складно, тому для підтримання їх роботи в ремонтних виробництвах або невеликих фірмах їх ремонтують шляхом виготовлення нових деталей, що зносилися. Для цього необхідно розробити креслення деталі та технологію її виготовлення.

Особливістю машинобудування розвинутих країн є зростаюче різноманіття продукції машинобудування, її високу якість і конкурентоспроможність.

У сучасному машинобудуванні особливу роль відводять створенню і впровадженню нової техніки в усіх галузях, прискоренню науково-технічного прогресу країни. У зв'язку з гнучким використанням і створенням виробничих когось комплексів механічної обробки різанням особливого значення набувають верстати з ЧПК. Застосування верстатів з ЧПК замість універсального обладнання мають суттєві особливості, і створює певні переваги: підвищення, гнучкості, продуктивності, скорочення терміну підготовки виробництва.

Таким чином, розроблення креслення і технологічного процесу виготовлення «Блока шестерень» є актуальним завданням.

# 1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ВЕРСТАТА, ВУЗЛА, ДЕТАЛІ. ОПИС КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ДЕТАЛІ ТА УМОВ ЇЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Деталь «Блок шестерень», що запропонована для розгляду у дипломному проекті є однією з найважливіших деталей токарного верстата моделі 1К62.

Значну частку верстатного парку складають верстати токарної групи. Вона включає, згідно з класифікацією металорізальних верстатів, дев'ять типів верстатів, що відрізняються за призначенням, конструктивним компонуванням, ступенем автоматизації та іншими ознаками.

Токарний верстат 1К62 - верстат для обробки різанням заготовок з металів, деревини та інших матеріалів у вигляді тіл обертання. На токарних верстатах виконують чорнове і чистове точіння циліндричних, конічних і фасонних поверхонь, нарізування різьблення, підрізування і обробку торців, свердління, зенкування і розгортання отворів і т. д. Заготовка отримує обертання від шпинделя, різець - ріжучий інструмент - переміщається разом з супортом від ходового вала або ходового гвинта, які отримують обертання від механізму подачі.

Загальний вид верстата наведено на рис. 1.1.



Рисунок 1.1 – Загальний вигляд верстата 1К62

Токарно-гвинторізний верстат призначений для виконання різноманітних токарних робіт по чорних і кольорових металах, включаючи точіння конусів, нарізування метричної, модульної, дюймової та пітчевих різьб.

Конструктивна компоновка верстатів практично однотипна. Основні вузли прийнятого в якості прикладу верстата 1К62:

- станина, на якій монтуються всі механізми верстата;
- передня (шпиндельная) бабка, в якій розміщуються коробка швидкостей, шпиндель і інші елементи;
- коробка подач, передає з необхідним співвідношенням рух від шпинделя до супорта (за допомогою ходового гвинта при нарізанні різьби або ходового валика при обробці інших поверхонь);
- фартух, в якому перетворюється обертання гвинта або валика в поступальний рух супорта з інструментом;
- задня бабка, яка призначена для підтримки другого кінця виробу і надання йому певного положення при обробці в центрах.

Основними параметрами верстатів є найбільший діаметр оброблюваної деталі над станиною і найбільша відстань між центрами. Важливим розміром верстата є також найбільший діаметр заготовки, що обробляється над поперечними салазками супорта. Основні характеристики верстата 1К62 приведені в табл. 1.1.

Запропонована деталь входить у вузол «Коробка швидкостей» верстата 1К62 і є однією з його відповідальних складових.

Токарно-гвинторізний верстат 1К62 є універсальним верстатом і призначений для виконання різноманітних токарних робіт, у тому числі для нарізування лівих і правих різей: метричних, дюймових, модульних, кітчевих різей і Архімедової спіралі з кроком до 12 мм. За рахунок наявності механізму збільшення кроку за допомогою гідари зубчастих коліс можна нарізувати різі з кроком до 196 мм.

Токарно-гвинторізний верстат 1К62 використовується для чорної та чистової обробки сталей, чавунів, кольорових металів, загартованих заготовок, так як шпиндель верстата встановлений на спеціальних підшипниках, що забезпечують



його жорсткість. Токарна обробка різноманітних матеріалів може проводитися з ударним навантаженням без суттєвого погіршення точності обробки.

Частоти обертання шпинделя, що забезпечуються коробкою швидкостей наступні: 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000 обертів за хвилину.

Даний вузол «Коробка швидкостей» призначений для забезпечення оптимальних режимів різання – частоти обертання шпинделя для забезпечення необхідної величини швидкості різання. Коробка швидкостей також призначена для зміни величини крутного моменту на шпинделі за рахунок переміщення блоків зубчастих коліс на шліцьових валах.

Вузол «Коробка швидкостей» складається з валів, підшипників, шпинделя, блоків зубчастих коліс, окремих шестерен, шпонок, гвинтів, ущільнюючих кілець, та ін. Шпонки призначені для передачі крутного моменту з валів на зубчасті колеса, а також між з'єднаннями зубчастих коліс, коли одне колесо має зовнішні шпонкові пази на відповідному посадочному місці, а інше колесо внутрішні шпонкові пази, як у нашому випадку.

Блоки зубчастих коліс та окремі шестерні розміщують на валах, що мають шліцьові поверхні. Рухомі блоки зубчастих коліс піддають термічній обробці для підвищення їх зносостійкості, а нерухомі шестерні центрують по зовнішньому діаметру та залишають без термічної обробки. Це спрощує технологію виготовлення валів, адже не треба їх шліфувати по внутрішньому діаметру шліців.

Даний виріб «Коробка швидкостей» також може бути встановлений на ін-ших верстатах, кріплення коробки швидкостей мають розміри, аналогічні розмірам верстата 1К62, а також мають схожі характеристики.

Таблиця 1.1 - Технічні характеристики верстату

<b>Основні параметри верстата</b>	
-----------------------------------	--

Клас точності верстата	Н
Найбільший діаметр оброблюваного виробу над станиною, мм	400
Найбільший діаметр оброблюваного виробу над супортом, мм	220
Найбільший діаметр оброблюваного прутка на передньому затиску, мм	70
Найбільший діаметр оброблюваного виробу в патроні, мм	300
Найбільша довжина прутка, мм	1000
Найбільший діаметр оброблюваного прутка, мм	45
Висота центрів, мм	215
<b>Шпиндель</b>	
Потужність двигуна головного руху, кВт	11,0
Кількість робочих швидкостей шпинделя	18
Межі чисел оборотів шпинделя, об / хв	12,5...2000
Кінець шпинделя фланцевий	
<b>Подачі</b>	
Найбільше переміщення супорта поздовжнє (Z), мм	850
Кількість поздовжніх / поперечних подач супорта	0,07...3,8
Швидке переміщення револьверного супорта, м / хв	2
Кількість інструментів в різцетримачі	4
Переміщення супорта на одну поділку лімба, мм	0,05
<b>Габарити і маса верстата</b>	
Габаритні розміри верстата (довжина, ширина, висота), мм	3000 x 1200 x 1600
Маса верстата, кг	2250

Область застосування виробу «Коробка швидкостей» - передача крутного моменту з електродвигуна верстата на шпиндель. Умови роботи виробу – підви-

щени частоти обертання та навантаження. Складемо таблицю відповідностей та матрицю зв'язків згідно системи координат.

На рисунку 1.1 зображена деталь «Блок шестерень» з нумерацією поверхонь, а в таблиці 1.2 вказана класифікація поверхонь деталі.

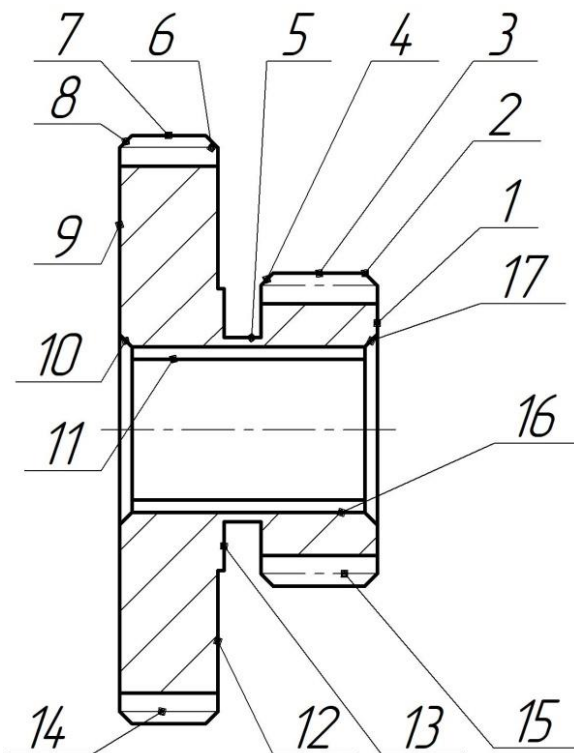


Рисунок 1.2 – Ескіз з номерами поверхонь

Таблиця 1.2 – Класифікація поверхонь деталі

Класифікація поверхні	№ Поверхні
Виконавчі	14,15,16
Основні конструкторські бази	11,16
Допоміжні конструкторські бази	3,5,7
Вільні	1,2,3,4,6,8,9,10,12,13,17

Поверхні 14,15,16 є виконавчими, з їх допомогою деталь виконує своє службове призначення, а саме передає крутний момент між валами через інші шестерні.

Поверхні 11, 16 є основними конструкторськими базами, ці поверхні з'єднуються з проміжним валом і визначаючи положення самої деталі у вузлі.

Поверхні 3,5,7 є допоміжними конструкторськими базами, до цих поверхонь приєднуються вилка переміщення, та інші зубчасті колеса, що контактують із деталлю.

Всі інші поверхні є вільними і визначають лише форму і розміри деталі та з'єднують виконавчі та базові поверхні.

Умови експлуатації.

Деталь «Блок шестерень» при роботі в вузлі відчуває ударні і циклічні навантаження, які виникають у момент переключення швидкостей. Навантаження сприймають зубці та поверхні шліців, що працюють на зминання та зріз.

Деталь і виріб, також як верстат в цілому експлуатується в помірних умовах в діапазоні температур від -20 до + 20 ° С.

Шум на рівні 40-100 Дб.

## 2 АНАЛІЗ СТРУКТУРНИХ СІТОК КІНЕМАТИЧНИХ ВУЗЛІВ ВЕРСТАТА

Аналіз приводу коробки швидкостей проводимо за такими вихідними даними:  $n_{дв} = 1450 \text{ хв}^{-1}$ ,  $n_{min} = 12,5 \text{ хв}^{-1}$ ,  $\phi = 1,26$ ,  $Z = 16$ .

Структурна формула приводу має такий вигляд:

$$Z = P_1 \otimes P_2 \otimes P_3 \otimes \dots \otimes P_i, \quad (2.1)$$

де  $Z$  – кількість швидкісних ступенів коробки швидкостей за завданням;

$i$  – порядок розміщення деякої групи в напрямку передачі руху;

$P$  – кількість передач у групі.

Якщо  $Z = 16$ , то структурні формули можуть бути такими:  $Z = 8 \otimes 2$ ;  $Z = 4 \otimes 4$ ;  $Z = 4 \otimes 2 \otimes 2$ ;  $Z = 4 \otimes 2 \otimes 2 \otimes 1$ ;  $Z = 2 \otimes 2 \otimes 2 \otimes 2$ , та деякі інші варіанти. Слід зазначити, що з точки зору математики формули рівнозначні, тому що відповідають вимогам

$Z = 16$ . З точки зору механіки за цими формулами стоять конструкції коробок швидкостей або подач, і коробка швидкостей, що має на першому валу блок на 6 переключення, а на другому – на 2 переключення, значно відрізняється від коробки швидкостей, у якої на першому валу 3 переключення, а на другому – 4. Оптимальним варіантом з усіх наведених є варіант  $Z = 4 \otimes 2 \otimes 2$ .

Аналіз кінематичної схеми.

Кінематична схема коробки швидкостей верстата в первісному вигляді зображено на рисунку 2.1.

Складання структурних формул у розгорнутому вигляді

Структурна формула містить в собі характеристику і має такий вигляд:

$$Z = P_1(X_1) \otimes P_2(X_2) \otimes P_3(X_3) \otimes \dots \otimes P_m(X_m) \quad (2.2)$$

Запишемо формули спочатку у загальному вигляді:

$$1) Z = P_1(X_1) \otimes P_2(X_2) \otimes P_3(X_3)$$

$$2 \quad 1 \quad 0$$

$$2) Z = P_1(X_1) \otimes P_2(X_2) \otimes P_3(X_3)$$

$$1 \quad 2 \quad 0$$

$$3) Z = P_1(X_1) \otimes P_2(X_2) \otimes P_3(X_3)$$

$$2 \quad 0 \quad 1$$

$$4) Z = P_1(X_1) \otimes P_2(X_2) \otimes P_3(X_3)$$

$$1 \quad 0 \quad 2$$

$$5) Z = P_1(X_1) \otimes P_2(X_2) \otimes P_3(X_3)$$

$$0 \quad 1 \quad 2$$

$$6) Z = P_1(X_1) \otimes P_2(X_2) \otimes P_3(X_3)$$

$$0 \quad 2 \quad 1$$

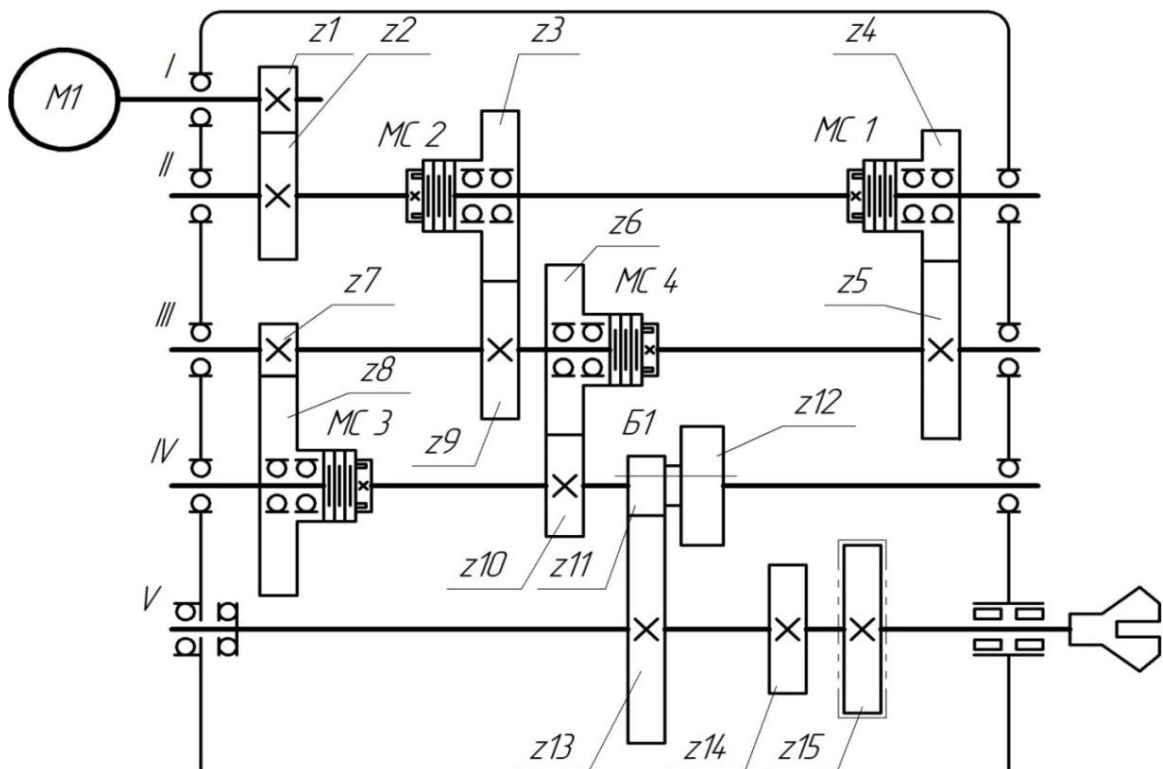


Рисунок 2.1 – Кінематична схема коробки швидкостей верстата 1К62

Структурна сітка верстат 1К62 є абсолютно доступною в літературних джерелах по верстатам, що випускалися раніше. Так як цей верстат є масовим, то знайти її не проблема. Структурна сітка в кольорах зображена на рис. 2.2.

Загальним, що є для всіх структурних сіток це те, що вони показують як можуть перемикатися колеса на валах і яка при цьому буде отримана частота обертання шпинделя на виході.

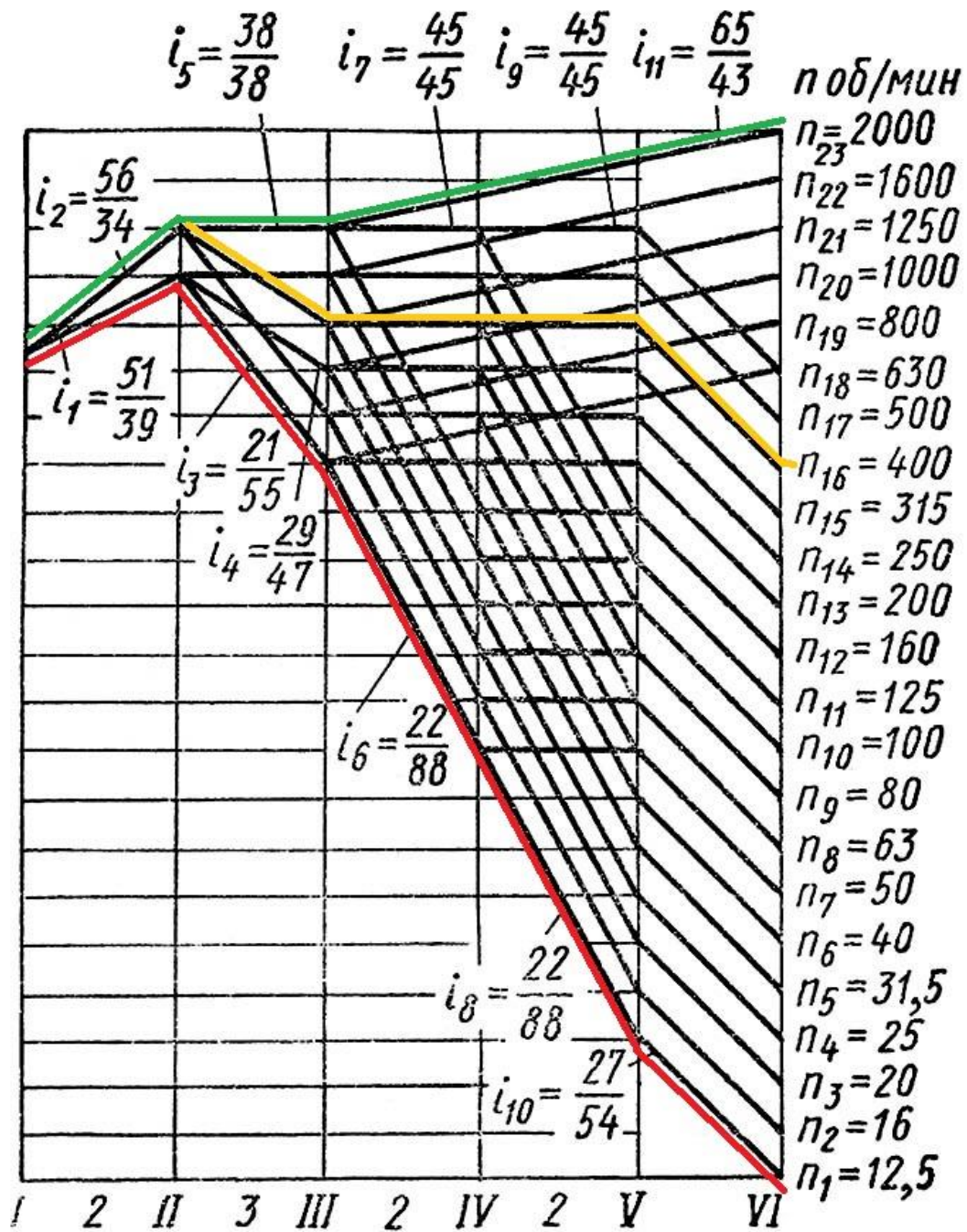


Рисунок 2.2 – Структурна сітка верстата 1К62 [11]

## Аналіз структурних сіток

Навіть побіжний аналіз вертикальних стовбців структурних сіток показує, що вони мають різний вигляд. Оптимальним вважається такий варіант, у якого відрізки, що визначають передатні відношення між валами, поступово розходяться від першого вала до четвертого. Порівняння наведених варіантів дає змогу визначити, що серед представлених найкращий варіант п'ятий, а найгірший-перший. Тому для подальшого графоаналітичного розрахунку зупиняємося на п'ятому варіанті структурних сіток як оптимальному.

Побудова графіка частот обертання шпинделя. З рисунку 2.2 ми можемо бачити графік частот обертання, тому ми визначаємо знаменник геометричної прогресії та перелічимо частоти:  $n_{\min} = 12,5 \text{ хв}^{-1}$ ,  $\phi = 1,26$ , а  $Z = 16$ , то геометричний ряд частот має такі значення:  $n_1 = 25$ ,  $n_2 = 50$ ,  $n_3 = 80$ ,  $n_4 = 100$ ,  $n_5 = 160$ ,  $n_6 = 200$ ,  $n_7 = 250$ ,  $n_8 = 315$ ,  $n_9 = 400$ ,  $n_{10} = 500$ ,  $n_{11} = 630$ ,  $n_{12} = 800$ ,  $n_{13} = 1000$ ,  $n_{14} = 1250$ ,  $n_{15} = 1600$ ,  $n_{16} = 2000$ . Частота обертання двигуна верстата складає  $n_{\text{дв}} = 1450 \text{ хв}^{-1}$ .



### 3 РОЗРОБЛЕННЯ РОБОЧОГО КРЕСЛЕННЯ ЗАДАНОЇ ДЕТАЛІ

Дана деталь «Блок шестерень» відноситься до деталей типу шестерень, так як відношення  $l / d > 10$  ( $42/92 < 1$ ). Деталь сама по собі є досить жорсткою, так як має досить невелику довжину, тобто не буде деформуватися під дією сил закріплення. Внаслідок того, що деталь жорстка можна використовувати більш інтенсивні режими обробки на чорнових операціях.

Умови її роботи – це високі крутні моменти, та змінючі напруження на зубцях шестерні у місцях кріплення шпонок. Змінючі напруження виникають у результаті протидії сил різання, що діють на заготовку, сил інерції мас (на початку пуску необхідно подолати опір всього ланцюга коробки швидкостей від вхідного вала до шпинделя) та крутного моменту, що надходить зі шпинделя верстата на вхідний вал.

На деталі присутній шліцьовий отвір зі схемою центрування за внутрішнім діаметром, що передбачає обробку шліців протяжкою одразу до потрібного розміру без подальшої термообробки. Такий тип центрування застосовують при рухомому з'єднанні, адже шестерня знаходиться рухомо на валу.

Поверхня зубців по ділільному діаметру має шорсткість  $Ra_{1,6}$ , а також радіальне биття  $0,03$  мм відносно шліцьового отвору, що потрібно для забезпечення плавності руху деталі у вузлі.

Матеріал деталі «Блок шестерен» - легрована сталь марки 40X, що містить у своєму складі 0,4% вуглецю, 1% хрому, а інше – залізо. Матеріали замітники – сталь 45, сталь 50, сталь 50Г2, дані про фізико-механічні властивості яких наведені в таблиці 3.1.

Даний матеріал був обраний закономірно, так як деталь в процесі роботи повинна забезпечувати умови міцності, та безвідмовності у продовж певного часу, тому сталь 40X є гарним вибором. Хоча вона і дорожча ніж сталь 45, проте для подібних деталей її застосування з точки зору нормальної і безвідмовної

роботи всього механізму необхідно. До того ж сталь 40X досить добре обробляється різанням.

Таблиця 3.1 - Фізико-механічні властивості сталі 40X та її заміників

Матеріал	$\sigma_b$ , МПа	$\Psi$ , %	Твердість НВ	Хімісклад, %					
				C	Ni	Mo	Cr	P	S
Сталь45	650	45	193-198	0,38- 0,46	2,1- 2,3	0,8- 1,1	0,8- 1,2	Дуже мала доля	
Сталь40X	640	40	190-194	0,38- 0,46	0,17- 0,37	-	0,8- 1,2		
Сталь50Г2	650	40	196-199	0,38- 0,46	0,9- 1,3	-	0,8- 1,2		

Присутність на деталі жорстких допусків форми і розташування поверхонь роблять її необхідно, а саме треба встановити допуск радіального биття зовнішньої поверхні зубчастих обох вінців на рівні не більше 0,03 мм, для того щоб у майбутньому при закріпленні на оправці дана деталь не мала великих похибок при обробці зубців. Допуски, що проставлені на кресленні досягаються на токарній з ЧПК чистовій операції.

Параметри шорсткості шліцьового отвору і зубців необхідно вказати на рівні Ra 1,6 мкм, адже така шорсткість забезпечить менший знос і при цьому обробка не вимагатиме шліфування.

На деталі є декілька нетехнологічних конструктивних елементів, а саме шліцьовий отвір що вимагає обробки протягуванням, та закриті шпонкові пази, для обробки яких необхідно застосовувати шпонкову фрезу, що є непродуктивним. Різні розміри фасок досягаються обробкою на верстаті з ЧПК без втрати продуктивності.

Способи отримання заготовки вказані, тому може бути лише пластичне деформування, так як у технічних вимогах вказана група поковок. Лиття застосовувати не можна через те, що в литті можуть бути пори і раковини, що ослаблять деталь.

В цілому ж розроблене креслення з усіма вимогами ЄСКД. На кресленні є досить видів і розрізів для подання форми деталі і можливості її виготовлення, також вказані всі розміри. Враховуючи всі вищевказані вимоги і конструктивні особливості виконано креслення деталі (додаток А).

## 4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ СПОСОБУ ОТРИМАННЯ ВИХІДНОЇ ЗАГОТОВКИ

Від вибору технологічного процесу отримання заготовки залежить кількість матеріалу, що витрачається, якість і трудомісткість подальшої механічної обробки при виготовленні деталі. Оптимальний технологічний процес вибирають на основі розрахунку і порівняння, можливих за даних умов варіантів виготовлення деталі, куди входить і вартість вихідної заготовки. Оцінку економічної ефективності нової технології, вибір найбільш економічного варіанта виробництва деталей здійснюють за допомогою порівняльного аналізу вартісних і натуральних техніко-економічних показників.

Основною умовою раціональної технології є максимальне наближення форми і розмірів заготовки до форми готової деталі.

Розглянемо варіанти виготовлення заготовки деталі, матеріал деталі – сталь 40Х ДСТУ 4543-2016:

- лиття – не раціонально застосувати, так як для заданого обсягу випуску треба виготовляти спеціальні форми для лиття у кокіль, а потім піддавати деталь очистці піском під тиском та видаляти залишки литникових систем. При цьому способі отримання заготовки можуть з'явитись раковини та пори, що негативно вплине на працездатність гвинта, адже він передає крутний момент у процесі роботи, а при цьому треба забезпечити ущільнення волокон матеріалу, що можливо лише при пластичному деформуванні.

- кування на молотах –раціонально застосувати через достатньо простий профіль деталі, але у одиничному виробництві потрібно прагнути до максимальної економії, а на кування призначають досить великі припуски через особливість процесу, проте дивлячись на форму та розміри даний спосіб також розглянемо в учбових цілях.

- штампування – дозволяє отримати заготовку з ущільненими волокнами, що добре позначиться на експлуатаційних характеристиках деталі, а також за формою

та розмірами вона буде найбільш наближена до форми деталі. Проте даний спосіб розглядаємо в учбових цілях, оскільки цей спосіб застосовується як правило у великосерійному та масовому виробництві.

- прокат – раціонально застосовувати у одиничному виробництві при невеликих перепадах діаметральних розмірів. Але в даному випадку для даної деталі має бути поверхнево пластичне деформування, тому прокат автоматично відпадає.

Для того щоб довести і визначити який же з варіантів виготовлення заготовки краще – ування на молотах чи штампування виконаємо розрахунок собівартості заготовки за техніко-економічними показниками.

Якщо обирати заготовку за першим варіантом то заготовкою для деталі є поковка кована діаметром 104 мм і довжиною 50 мм, а маса становить 1,8 кг. Коефіцієнт використання матеріалу такої заготовки становить 0,3.

Собівартість кованої заготовки визначаємо за формулою згідно [8], грн:

$$S_{заг1} = (C_i Q_1 K_m K_M K_c K_v K_n) - (Q - q) S_{відх}, \quad (4.6)$$

де  $C_i$  – ціна 1кг матеріалу заготовки,  $C_i = 100$  грн.;

$Q_1$  – маса кованої заготовки – 1,8 кг:

$K_p$  – коефіцієнт для визначення орієнтовної маси поковки  $K_p = 1,6$  [10];

$K_T$  – коефіцієнт, що залежить від точності кування (для нормальної точності),  
 $K_T = 1$ ;

$K_M$  – коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу,  $K_M = 1,13$ ;

$K_c$  – коефіцієнт, що залежить від групи складності,  $K_c = 0,77$ ;

$K_v$  – коефіцієнт, що залежить від матеріалу кування,  $K_v = 0,7$ ;

$K_n$  – коефіцієнт, що залежить від обсягу виробництва заготовок,  $K_n = 1$ ;

$S_{відх}$  – ціна 1кг відходів,  $S_{відх} = 10$  грн.

Тоді

$$S_{заг1} = (100 \cdot 1,8 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1,13 \cdot 0,77 \cdot 0,7 \cdot 1) - (1,8 - 0,6) \cdot 10 = 250,6 \text{ грн.}$$

$$K_{.m2} = \frac{0,6}{1,1} = 0,45 .$$

Тепера аналогічно визначимо собівартість штампованої заготовки, враховуючи, що вона може бути виконана ступінчастої форми але без отвору, так як він досить малого діаметру.

Собівартість штампованої заготовки визначаємо за формулою згідно [8], грн:

$$S_{заг2} = (C_i Q_2 K_m K_{.m} K_c K_{.e} K_n) - (Q - q) S_{відх} , \quad (4.7)$$

де  $C_i$  – ціна 1кг матеріалу заготовки,  $C_i = 250$  грн.;

$Q_1$  – маса штампованої заготовки, кг:

$$Q_1 = q \cdot K_p, \quad (4.8)$$

де  $q$  – маса готової деталі,  $q = 0,6$  кг;

$K_p$  – коефіцієнт для визначення орієнтовної маси поковки  $K_p = 1,6$  [10];

$K_T$  – коефіцієнт, що залежить від точності кування (для нормальної точності),

$K_T = 1$ ;

$K_M$  – коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу,  $K_M = 1,13$ ;

$K_c$  – коефіцієнт, що залежить від групи складності,  $K_c = 0,77$ ;

$K_B$  – коефіцієнт, що залежить від матеріалу кування,  $K_B = 0,7$ ;

$K_{II}$  – коефіцієнт, що залежить від обсягу виробництва заготовок,  $K_{II} = 1$ ;

$S_{відх}$  – ціна 1кг відходів,  $S_{відх} = 10$  грн.

Тоді

$$S_{заг2} = (250 \cdot 1,1 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1,13 \cdot 0,77 \cdot 0,7 \cdot 1) - (1,1 - 0,6) \cdot 10 = 547,2 \text{ грн.}$$

Таким чином бачимо, що  $Q_1 > Q_2$ ,  $K_{M1} < K_{M2}$ ,  $S_{заг1} < S_{заг2}$ .

На підставі отриманих результатів, можна зробити висновок: отримання заготовок вільним куванням на молотах вигідніше для даного типу виробництва та

для даної деталі, тому що собівартість заготовки нижче, а форма заготовки хоча і не наближена до форми деталі, але зайвий припуск зніметься на токарній з ЧПК операції.

Призначаємо технічні вимоги на виготовлення заготовки:

1. Поковка Гр. III НВ 223...262 ДСТУ 8479-2010.
2. Поковка кована на молотах ДСТУ 7215-2009.
3. Незазначені радіуси закруглень - R 5...6 мм.
4. Незазначені ухили 3-5 .
5. Маркувати номер замовлення, номер позиції ударним способом шрифтом 3...5 ДСТУ 2930 - 2012.

Ескіз заготовки на рис. 4.1.

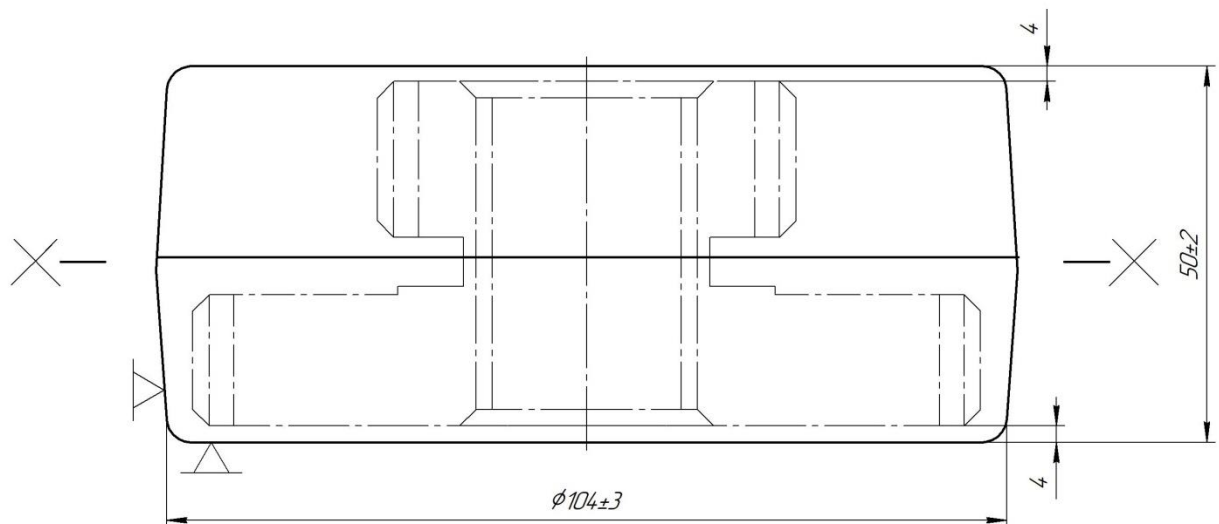


Рисунок 4.1 – Ескіз заготовки.

## 5 РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАДАНОЇ ДЕТАЛІ

### 5.1 Розрахунок припусків на механічне оброблення поверхонь

Величина припуску впливає на собівартість виготовлення деталі. При збільшеному припуску підвищуються витрати праці, витрата матеріалу та інші виробничі витрати, а при зменшеному доводиться підвищувати точність заготовки, що також збільшує собівартість виготовлення деталі.

Аналітичний метод визначення припусків базується на аналізі виробничих похибок, що виникають при конкретних умовах обробки заготовки.

Згідно завдання проводиться розрахунок припусків аналітичним методом для внутрішньої поверхні тіла обертання  $\varnothing 23H7$ . Маршрут обробки даної поверхні вибирається за [11] і зводиться в таблицю 5.1.

Таблиця 5.1 – Маршрут обробки поверхні  $\varnothing 23H7$

Найменування переходу	Точність	Граничні відхилення	Допуск Т, мм	Елементи припуску, мкм				
				R <sub>zi-1</sub>	h <sub>i-1</sub>	ρ <sub>i-1</sub>	ε <sub>y</sub> , мкм	
							ε <sub>б</sub> , мкм	ε <sub>з</sub> , мкм
-	поковка	+1,7 -0,3	4	200	250	1200	1000	800
Розточування чорнове	H14	+0,74	0,74	40	50	72	100	200
Розточування напівчистове	H9	+0,074	0,074	20	20	60	0	0
Розточування чистове	H7	+0,021	0,021	-	-	-	-	-

Виконаємо розрахунок припусків та знайдемо розміри на обробку циліндричної поверхні  $\varnothing 23H7$  мм по принципу професора Кована В.М.

Розрахунок проведений на ЕОМ та показаний в додатку Б.

Розрахункова формула для знаходження припуску зовнішньої циліндричної поверхні має вигляд:



$$2z_{\min} = 2(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \quad (5.1)$$

де  $R_{z_{i-1}}$  – величина мікронерівностей поверхні отриманої на попередній операції (переході);

$T_{i-1}$  – глибина дефектного шару поверхні отриманої на попередній операції (переході);

$\rho_{i-1}$  – величина просторового відхилення форми поверхні отриманої на попередній операції (переході);

$\varepsilon_i$  – похибка на виконуваний операції (переході).

Перераховані показники є величинами табличними окрім  $\rho_{i-1}$ , яка розраховується як

$$\rho_{заг} = \sqrt{\rho_{екс}^2 + \rho_{см}^2} = 1014 \text{ мкм},$$

а  $\rho_{i-1}$  знаходиться в відсотковому відношенні від  $\rho_{заг}$  тоді

$$\rho_{черн} = \rho_{заг} k_y, \quad (5.2)$$

де  $k_y=0,04-0,06$ , в залежності від переходу. Знайдемо для кожного з переходів:

$$\rho_{чер} = 1014 \cdot 0,06 = 116 \text{ мкм}.$$

$$\rho_{н/ч} = 1014 \cdot 0,05 = 79 \text{ мкм}.$$

Вихідні данні для розрахунку припусків на ЕОМ приведені в табл. 5.2, а самі результати розрахунку у додатку Б.

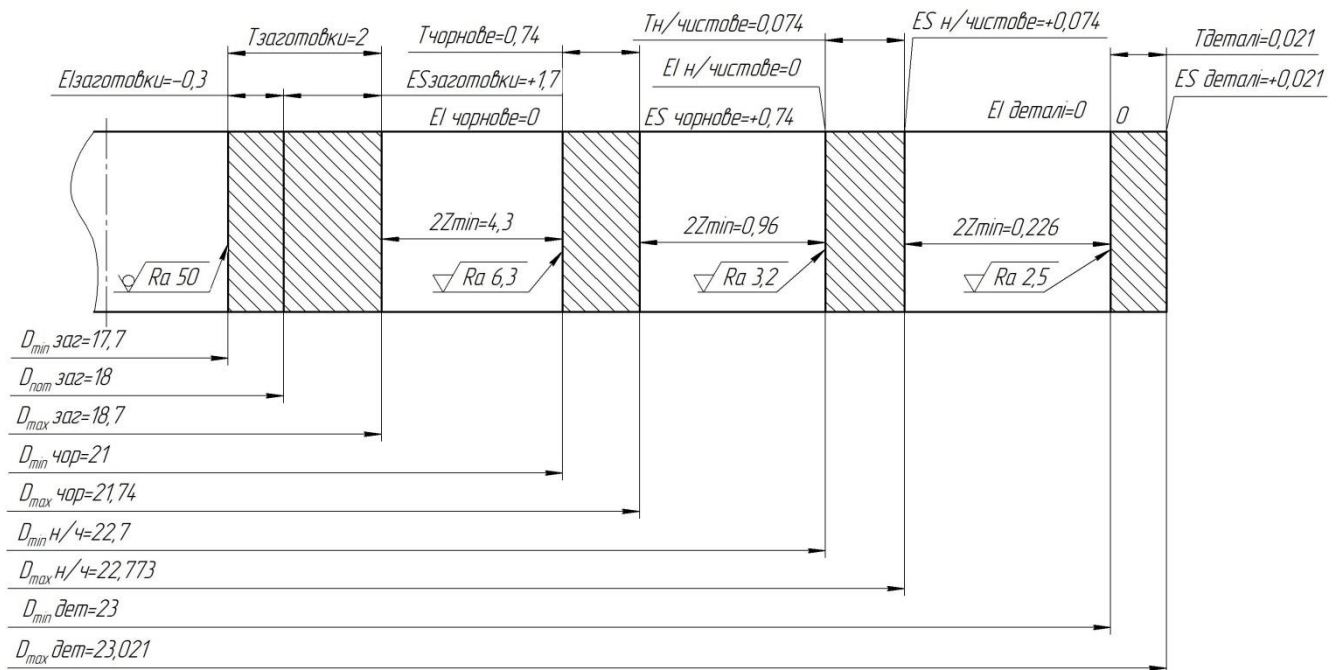


Рисунок 5.1 – Схема розміщення припусків на обробку діаметрального розміру  $\varnothing 23H7$  мм

## 5.2 Аналіз та обґрунтування схем базування й закріплення заготовки

Для виконання цього пункту в якості технологічної операції були прийняті операції: 015 – токарна з ЧПК та 035 – зубофрезерна з ЧПК.

Під час токарної операції 015 проводиться груба обробка заготовки, зокрема, знімаються старті та готується основа для подальшої обробки. Обробка проводиться в двох установках.

Операційний ескіз в базовому технологічному процесі наведено на рис. 5.2.

На даній операції заготовка на першому установі А закріплюється за зовнішню циліндричну поверхню (чорнову базу) з упором в торець в патрон, що самоцентрує, в розточених кулачках на діаметр мм. При цьому виникають дві бази: установча на торці деталі і подвійна опорна база на циліндричній поверхні, яка позбавляє деталь двох ступенів свободи. На другому установі Б заготовка закріплюється за попередньо оброблену поверхню з упором в торець. Базування аналогічно. На операції проводиться обробка заготовки згідно ескізу. Як

нововведення пропонується дану операцію виконувати на токарному верстаті з ЧПК.

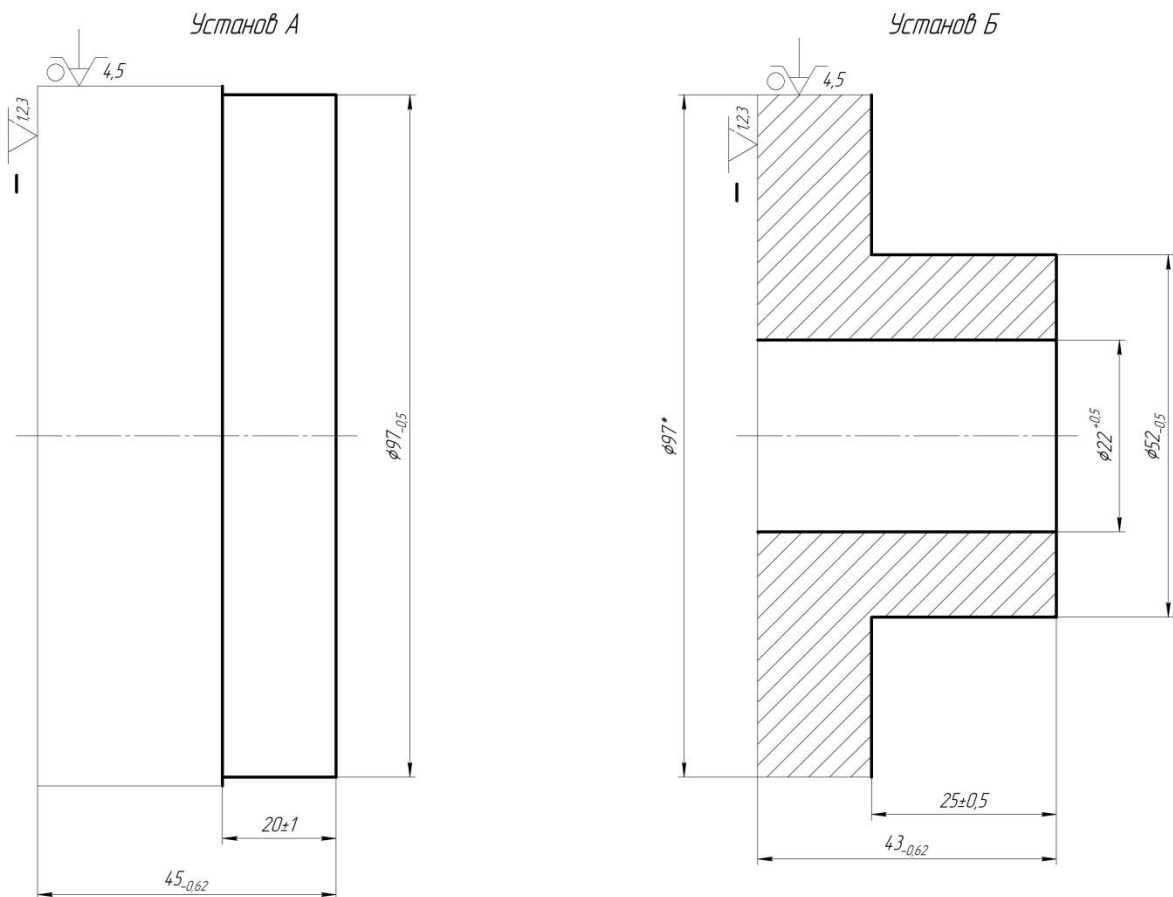


Рисунок 5.2 - Операційний ескіз операції 015

Базування заготовки на установі А буде здійснюватися виключно за зовнішню поверхню та торець, адже інших варіантів немає. На установі Б необхідно обробити начорно ті поверхні що не вдалося обробити на установі А, і так як інших поверхонь для базування та закріплення немає, то і схема базування одна (установча на торці та подвійна-опорна на циліндричній поверхні).

Визначимо похибки базування на лінійні розміри, так як діаметральні будуть отримуватися в залежності від похибки позиціонування верстата і зношування різального інструменту.

- для розміру  $20 \pm 1$   $\varepsilon_{620} = 0$  мм, так як вимірювальна і технологічна бази співпадають – браку нема;

- для розміру  $25 \pm 0,5$   $\varepsilon_{0,25} = 0$  мм, так як вимірювальна і технологічна бази співпадають – браку нема;

- для розміру  $43_{-0,62}$   $\varepsilon_{0,43} = 0$  мм, так як вимірювальна і технологічна бази співпадають – браку нема.

Отже проаналізувавши схему базування на обох установках браку не виникатиме, отже схема є вірною.

На зубофрезерній з ЧПК операції відбувається фрезерування зубів. На даній операції розглянемо дві схеми закріплення заготовки рис. 5.3, 5.4.

При цьому виникають дві бази: подвійна напрямна – 4 ступені, опорна – 1 ступінь волі та ще одна опорна. У другому варіанті виникатимуть установча, подвійна опорна та опорна бази.

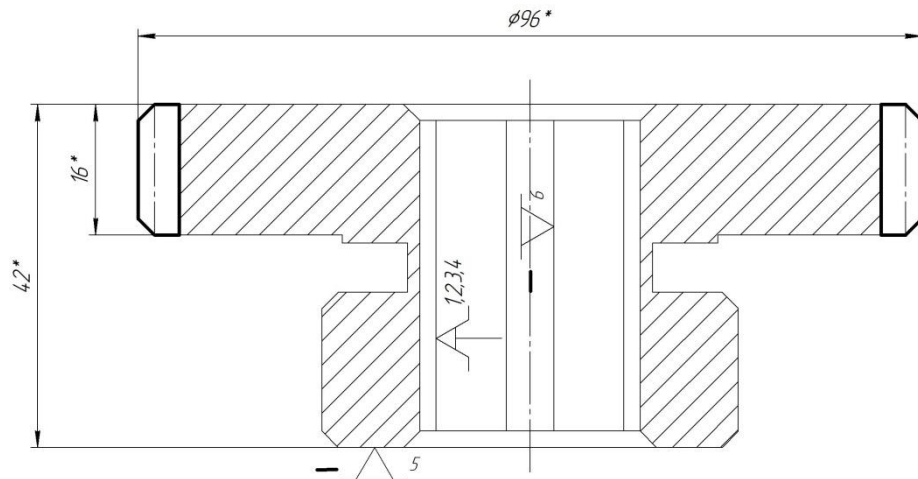


Рисунок 5.3 - Операційний ескіз операції 035 (варіант 1)

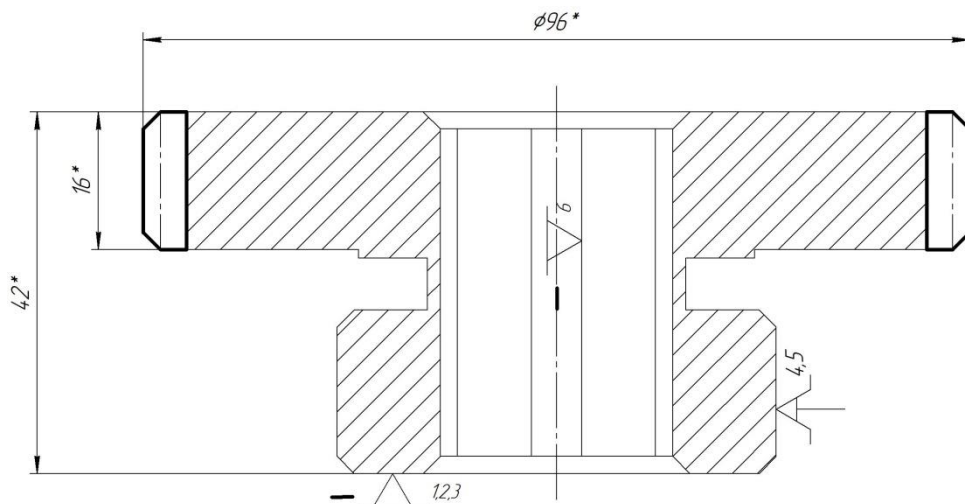


Рисунок 5.4 - Операційний ескіз операції 035 (варіант 2)

Визначимо похибки базування для двох варіантів на розмір, що характеризує ділильний діаметр 90 мм з допуском 0,07 мм:

- варіант 1  $\varepsilon_{\phi 90} = S_{\max} = 0,03 + 0,029 = 0,59 < T_{90} = 0,07$  мм –браку нема;

- варіант 2  $\varepsilon_{\phi 90} = T_{51} = 0,3 > T_{90} = 0,07$  мм –брак може виникнути.

З точки зору похибки базування, а також жорсткості та стійкості закріплення, а також доступу та вільного виходу інструменту та простоти обираємо схему базування за рис. 5.3.

### 5.3 Обґрунтування вибору металорізального верстата

Металорізальний верстат вибирається виходячи з вимог до якості поверхні, яку необхідно отримати, необхідної потужності двигунів, габаритів, типу виробництва, кількості інструментів на даній операції.

Токарна з ЧПК операція 015

У базовому технологічному процесі для токарної операції використовують універсальний токарний верстат 1К62. Пропонуємо токарний верстат з ЧПК HAAS ST-10, який має переваги: дозволяє зменшити час виготовлення деталі, орієнтований на використання в умовах одиничного типу виробництва, габарити верстата дозволяють обробку даної деталі.

Технічна характеристика верстата:

- а) найбільший діаметр оброблюваної заготовки над супортом – 200 мм;
- б) найбільший діаметр оброблюваної заготовки над станиною – 300 мм;
- в) найбільша довжина оброблюваної заготовки – 1000мм;
- г) частота обертання шпинделя –  $1 \dots 6000 \text{ хв}^{-1}$ ;
- д) система ЧПК – FANUC;
- е) межі робочих подач (поздовжніх та поперечних): 0,01-16 мм/об;
- ж) потужність електродвигуна головного привода, кВт – 11,5;
- з) найбільша допустима сила приводу подач верстата по осям X,Z – 30000 Н;
- і) точність позиціонування по осям X, Z – 0,01 мм;

к) маса з шафою ЧПК, кг: 2260.

Для операції 035 - для зубофрезерної операції обираємо металорізальний верстат моделі 53P32Ф6.

При виборі даного обладнання, враховуючи технологічні прийоми обробки, а також те що необхідно відходити від застарілого обладнання ми прийшли до висновку, що даний верстат дуже підходить для даної операції.

Потужність даного обладнання становить 15,5 кВт, чого має бути достатньо для цієї операції.

Користуватися цим верстатом також зручно, оскільки він має плавне регулювання частоти обертання шпинделя (10 - 500 об/хв) і подачі столу та фрези (1-1200 мм/хв), що зручно при призначенні режимів різання.

Розміри робочого простору повністю відповідають умовам цієї операції, а саме:

Розміри робочої поверхні столу, мм 500

Хід столу, 500 мм

Відстань від центра до робочої поверхні столу, мм 600

Максимальна вага виробу 500 кг

Максимальний діаметр фрези червячної, мм 160

Максимальний модуль, що нарізається за один прохід, мм 6

Дискретність координат по осям, мм 0,001

Точність встановлення координат, мм 0,003

Маса верстата, кг 5207

Габарити верстата, мм 3207x4109x2510

Також верстат підбирається відповідно до рекомендацій щодо підбору обладнання для невеликого виробництва. Цей верстат оснащений системою ЧПК, що дозволяє швидко переналаштувати його для обробки інших деталей.

#### 5.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів

Виходячи з типу виробництва (одиничне) найбільш доцільно застосовувати систему універсально складальних пристосувань (УСП) .

Для установки і закріплення деталі на операції 015 в якості пристроїв використовуємо універсальне пристосування - трьохкулачковий патрон 7102-0071-3-1 ДСТУ 24351-2010. Патрон з ручним приводом. Трьохкулачковий патрон був обраний, враховуючи дрібносерійний тип виробництва. В даному пристосуванні шляхом нескладного переналагодження можуть оброблятися деталі подібні заданої (диски, фланці з  $l / d < 1$ ).

Для обробки заданих поверхонь на операції застосовуємо такі прогресивні ріжучі інструменти, взамін інструментів з напайними пластинами:

- Різець прохідний упорний PCLNR2525K12 з T5K10 - для точіння зовнішніх поверхонь і підрізання торців;
- Різець розточний прохідний упорний S20PCLNR з T5K10 - для розточування внутрішніх поверхонь і підрізання торців.

При обробці застосовуємо мастильно - охолоджуюча рідина 7-10% Укрінол-1 ТУ 38 - 101197 - 2010 для можливості здійснення обробки з більш високими швидкостями різання.

Допоміжні інструменти для даної не потрібні так як всі ріжучі інструменти безпосередньо встановлюються в різцетримач верстата.

Для контролю розмірів на операції 015 - токарна з ЧПК застосовуємо універсальний шкальний інструмент, а саме штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ДСТУ 166-2009, застосування якого обумовлено дрібносерійним типом виробництва. Даним інструментом можна проконтролювати всі розміри, що виконуються на операції.

Інструмент був підібраний з умови, щоб ціна поділки була менше 0,33 найменшого допуску розміру на даній операції, контрольованого

штангенциркулем. Ціна поділки штангенциркуля 0,1 мм, а третя частина допуску на контрольований розмір 0,18 мм (розмір мм), що задовольняє умові.

Для установки і закріплення деталі на операції 035 зубофрезерна доцільно буде використати спеціальний пристрій у вигляді оправки, щоб гарно збазувати і закріпити деталь та давати постійні зусилля закріплення та зменшити допоміжний час на закріплення. Також даний пристрій буде жорсткішим за універсальний патрон, що дозволить підвищити режими різання.

Всі поверхні на даній операції обробляються остаточно, а саме це зубчастий вінець більшого діаметра.

Для обробки заданих поверхонь на операції застосовуємо такі ріжучі інструменти:

Вибрані новий різальний інструмент - фреза червячна 2510-4087А ДСТУ 9324-2010 Ø100 зі швидкорізальної сталі Р6М5. Так як застосовуємо верстат з ЧПК, то можемо підібрати оптимальні режими різання для її роботи. Фреза класу точності – А, що означає нормальна точність, адже до зубчастого вінця не висуваються вимоги, точніше ніж ступінь точності 8-7-7 В.

Допоміжних інструментів не потрібно, так як фреза встановлюється безпосередньо на оправку.

Контроль розмірів виконуємо такими інструментами – зубомір М-1АВ ДСТУ 4446-2011, а також нормалемір БВ–5046 ДСТУ 2031-2002.

### 5.5 Визначення режимів різання

Розрахунок режимів різання будемо проводити для операцій 015 токарна з ЧПК та 035 зубофрезерна з ЧПК.

Режими різання аналітичним способом для операції 015 - токарна з ЧПК (чорнова):

Дано:  $D = 104$  мм,  $d = 97$  мм,  $L = 20$  мм, матеріал – 40Х, ріжучий інструмент із матеріалу Т5К10.

Глибина різання, мм:



$$t = \frac{D-d}{2}, \quad (5.1)$$

де  $D$  – діаметр заготовки до обробки,  $D = 104$  мм;

$d$  – діаметр деталі після обробки,  $d = 97$  мм.

Тоді

$$t = \frac{104-97}{2} = 3,5 \text{ мм},$$

але це забагато для одного проходу, тому приймаємо три проходи по 2 мм.

Вибираємо подачу по [5]:  $S_m = S_o = 0,25$  мм/об.

Розраховуємо швидкість різання за емпіричною формулою згідно [5], м/хв:

$$V = \frac{C_V}{T^m t^x S^y} K_V, \quad (5.2)$$

де  $T$  – стійкість інструменту, хв; згідно [5]:  $T = 60$  хв;

Коефіцієнти для даної формули рівні згідно [5]:  $C_V = 220$ ,  $x = 0,15$ ,  $y = 0,2$ ,  
 $m = 0,2$ ;

$K_V$  – загальний поправочний коефіцієнт що враховує якість оброблюваного матеріалу і визначається за формулою:

$$K_V = K_{MV} K_{IV} K_{IIV}, \quad (5.3)$$

де  $K_{MV}$  – коефіцієнт що враховує якість оброблюваного матеріалу і визначається за формулою згідно [5]:

$$K_{MV} = K_\Gamma \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V}, \quad (5.4)$$

де  $\sigma_B = 685$  МПа - межа міцності оброблюваного матеріалу, сталь 40Х;

$K_\Gamma$  - характеризує групу стали по оброблюваності,  $K_\Gamma = 0,95$ , сталь хромиста;

$n_v$  - показник ступеня,  $n_v = 1$ .

Отже:

$$K_{MV} = 0,95 \cdot \left( \frac{750}{685} \right)^{1,0} = 1,04;$$

$K_{пв}$  - враховує стан поверхні заготовки,  $K_{пв} = 1,0$ , прокат без кірки [5];

$K_{ив}$  - враховує матеріал інструменту,  $K_{ив} = 1,0$ , Т5К10 [5].

Таким чином:

$$K_V = 1,04 \cdot 1 \cdot 1 = 1,04.$$

Визначаємо швидкість різання:

$$V = \frac{220}{60^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,2^{0,2}} \cdot 1,04 = 93,7 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя за формулою, об / хв:

$$n_{\delta} = \frac{1000V}{\pi D}. \quad (5.5)$$

$$n_p = \frac{1000 \cdot 93,7}{\pi \cdot 104} = 327,2 \text{ об/хв.}$$

Коригуємо частоту обертання шпинделя, тобто приймаємо  $n = 327$  об/хв.

Фактичну швидкість різання не визначаємо, адже верстат має безступінчасте регулювання:

Визначимо хвилинну подачу по формулі, мм / хв:

$$S_M = S_{\sigma} n. \quad (5.6)$$

$$S_M = 0,2 \cdot 327 = 65 \text{ мм/хв.}$$

Розрахуємо силу різання. Основною складовою сили різання є тангенціальна складова, значення якої знаходимо за формулою згідно [5]:

$$P_z = 10C_{pt}^x S^y V^n K_p. \quad (5.7)$$

Коефіцієнти для даної формули визначаються згідно [5]:  $C_p = 300$ ,  $x = 1$ ,  $y = 0,75$ ,  $n = -0,15$ .

Поправочний коефіцієнт  $K_{mp}$  враховує вплив якості оброблюваного матеріалу визначаємо за формулою [5]:

$$K_{MP} = \left( \frac{\sigma_6}{750} \right)^n, \quad (5.8)$$

$$K_{MP} = \left( \frac{685}{750} \right)^{0,75} = 0,93.$$

Тангенціальна сила різання дорівнює:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2^1 \cdot 0,2^{0,75} \cdot 93,7^{-0,15} \cdot 0,93 = 348 \text{ Н.}$$

Визначаємо ефективну потужність різання за формулою [5], кВт:

$$N = \frac{P_z V}{60 \cdot 1020}. \quad (5.9)$$

$$N = \frac{348 \cdot 93,7}{60 \cdot 1020} = 3,48 \text{ кВт.}$$

Для можливості реалізації різання на верстаті повинно виконуватися умова:

$$N_p < N_d \cdot \eta, \quad (5.10)$$

де  $N_d$  - потужність двигунів верстата, 10 кВт;

$\eta$  - коефіцієнт корисної дії верстата, 0,75.

Перевіряємо умову:

$$N_d \cdot \eta = 10 \cdot 0,75 = 7,5 \text{ кВт.}$$

Дані розрахунків режимів різання та основного часу по даній операції зводимо в таблицю 5.4.

Таблиця 5.4 – Параметри режимів обробки на операцію 015

Найменування переходу	Параметри режимів обробки					L, мм	$T_o$ , хв.
	t, мм	s, мм/об	n, об/хв	V, м/хв	i		
1	2	3	4	5	6	7	8
Установ А							
Точіння Ø97	2	0,2	327	93,7	2	25	0,6
Підрізання торця Ø104	2	0,2	327	93,7	2	55	1,3
Установ Б							
Підрізання торця Ø104	2	0,2	327	93,7	2	55	1,3
Свердління Ø22	11	0,3	563	21,6	1	50	2,1
Точіння Ø52 на довжину 25 мм	2	0,2	327	93,7	10	28	3,2
Всього							8,5

Операція 035 Зубофрезерна з ЧПК.

Перехід 1 - фрезерування зубців модулем 3 мм на більшому вінці зубчастого колеса. Обробка йтиме одразу на всю висоту профілю, так як за рекомендаціями [7] це можливо включно до модуля 4 мм.

Тому глибина різання  $t = 6,7$  мм.

Ширина фрезерування буде дорівнює висоті зубів заготовки  $B = 17$  мм.

Вибираємо подачу на зуб фрези по [7]:  $S_z = 0,1$  мм / зуб. У фрези 6 зубів, тому подача на оберт  $S_o = 0,6$  мм / об.

Розраховуємо швидкість різання за емпіричною формулою згідно [5], м / хв:

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S_z^y B^u z^p} \cdot K_v, \quad (5.11)$$

де  $T$  - середнє значення періоду стійкості інструменту, хв; згідно [5]:

$$T = 240 \text{ хв.}$$

Коефіцієнти для даної формули рівні згідно [5]:  $C_v = 84$ ,  $q = 0,2$ ,  $x = 0,1$ ,  $y = 0,4$ ,  $u = 0,2$ ,  $p = 0$ ,  $m = 0,2$ .

$K_v$  - загальний поправочний коефіцієнт що враховує якість оброблюваного матеріалу і визначається за формулою:

$$K_v = K_{Mv} K_{Пv} K_{Iv}, \quad (5.12)$$

де  $K_{Mv}$  - коефіцієнт що враховує якість оброблюваного матеріалу і визначається за формулою згідно [7]:

$$K_{Mv} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_b} \right)^{n_v}, \quad (5.13)$$

де  $\sigma_b = 685$  МПа - межа міцності оброблюваного матеріалу, сталь 40Х;

$K_{\Gamma}$  - характеризує групу стали по оброблюваності,  $K_{\Gamma} = 0,95$ , сталь хромиста;

$n_v$  - показник ступеня,  $n_v = 1$ .

Отже:

$$K_{Mv} = 0,95 \cdot \left( \frac{750}{685} \right)^{1,0} = 1,04;$$

$K_{Пv}$  - враховує стан поверхні заготовки,  $K_{Пv} = 0,9$  [7];

$K_{Iv}$  - враховує матеріал інструменту,  $K_{Iv} = 0,8$ , Р6М5 [7].

Таким чином:

$$K_v = 1,04 \cdot 0,9 \cdot 0,8 = 0,75.$$

Визначаємо швидкість різання:

$$V = \frac{84 \cdot 60^{0,2}}{240^{0,2} \cdot 4,5^{0,1} \cdot 0,1^{0,4} \cdot 30^{0,2} \cdot 10^0} \cdot 0,75 = 24,1 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя за формулою, об / хв:

$$n_{\delta} = \frac{1000V}{\pi D}. \quad (5.14)$$

$$n_p = \frac{1000 \cdot 24,1}{\pi \cdot 100} = 86,4 \text{ об/хв.}$$

Визначимо хвилинну подачу по формулі, мм / хв:

$$S_M = S_z n. \quad (5.15)$$

$$S_M = 0,1 \cdot 6 \cdot 86 = 502 \text{ мм/хв.}$$

Розрахуємо силу різання. Основною складовою сили різання є тангенціальна складова, значення якої знаходимо за формулою згідно [5]:

$$P_z = \frac{10 C_p t^x S_z^y B^u z}{D^q n^w} K_{IP}. \quad (5.16)$$

Коефіцієнти для даної формули визначаються згідно [5]:  $C_p = 825$ ,  $x = 1$ ,  $y = 0,75$ ,  $u = 1,1$ ,  $q = 1,3$ ,  $w = 0,2$ .

Поправочний коефіцієнт  $K_{IP}$  враховує вплив якості оброблюваного матеріалу визначаємо за формулою [5]:

$$K_{MP} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n, \quad (5.17)$$

$$K_{MP} = \left( \frac{685}{750} \right)^{0,75} = 0,93$$

Тангенціальна сила різання дорівнює:

$$P_z = \frac{10 \cdot 825 \cdot 4,5^1 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 30^{1,1} \cdot 8}{60^{1,3} \cdot 1000^{0,2}} \cdot 0,93 = 435 \text{ Н.}$$

Визначаємо крутний момент на шпинделі за формулою [5], Нм:

$$M_{кр} = \frac{P_z D}{2 \cdot 100}. \quad (5.18)$$

$$M_{кр} = \frac{435 \cdot 60}{2 \cdot 100} = 924 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Визначаємо ефективну потужність різання за формулою [5], кВт:

$$N_{\dot{a}} = \frac{P_z V}{60 \cdot 1020}. \quad (5.19)$$

$$N_e = \frac{435 \cdot 24,1}{60 \cdot 1020} = 3,71 \text{ кВт.}$$

Для можливості реалізації різання на верстаті повинно виконуватися умова:

$$N_p < N_d \cdot \eta, \quad (5.20)$$

де  $N_d$  - потужність двигунів верстата, 15,5 кВт;

$\eta$  - коефіцієнт корисної дії верстата, 0,75.

Перевіряємо умову:

$$N_d \cdot \eta = 15,5 \cdot 0,75 = 12,7 \text{ кВт.}$$

Основний час роботи верстата на переході визначаємо за формулою, хв:

$$T_i = \frac{L}{S_i} i, \quad (5.21)$$

де  $L$  - довжина шляху інструменту, що враховує довжину врізання;

$S_m$  - хвилинна подача, мм / хв;

$i$  - кількість проходів.

Тоді:

$$T_{o.фр} = \frac{17 + 60}{502} \cdot 1 = 0,85 \text{ хв.}$$

Результати розрахунку режимів різання наведені в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 - Режими обробки на переході операції 035

Номер і текст переходу	Параметр режимів обробки					L, мм	T <sub>o</sub> , хв
	t, мм	S, мм/хв	n, об/хв	V, м/хв	i		
1 Фрезерувати зубці	2,5	502	84	24,1	1	77	0,85



## 6 РОЗРОБЛЕННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ

Проектування верстатного пристрою на токарну з ЧПК операцію. Обґрунтування необхідності створення пристосування.

Уточнення мети технологічної операції. Точність розмірів.

На даній операції обробляються циліндричні поверхні зовнішні і внутрішні, підрізають торці. Точність і якість одержуваних поверхонь, їх взаємне розташування буде залежати від точності верстата, режимів обробки, а так само від точності безпосередньо самого пристрою. Основне завдання зводиться до точності базування заготовки щодо осі шпинделя верстата. Ескіз операції наведено у попередньому розділі на рис. 6.3.

Згідно вищесказаного розглянемо такі поверхні  $\varnothing 97_{-0,5}$  мм,  $\varnothing 52_{-0,5}$  мм,  $\varnothing 22^{+0,5}$  мм,  $43_{-0,62}$  мм,  $25 \pm 0,5$  мм.

Точність форми. Конструктором не обумовлена точність форми одержуваних поверхонь. Отже призначимо їх в процентній частки від допуску на розмір. Допуск циліндричної (ограновування, еліптичність) і профілю про-дольного перетину (бочко-, седло-, конусообразность) отвори  $\varnothing 97_{-0,5}$  мм прийmemo як 30% від допуску на розмір  $T=0,3T=0,3 \cdot 0,5=0,15$  мм, прийmemo 120 мкм, що відповідає 11 ступеня точності. Допуск площинності торця складе 60% від допуску на розмір  $43_{-0,62}$  мм, тоді  $T=0,6 \cdot 0,62=0,368$  мм, прийmemo 0,3 мм – 12 ступінь точності.

Точність розташування поверхонь.

Оскільки розглянута операція є проміжною, то допуск розташування не заданий конструктором, отже призначимо самостійно в процентному співвідношенні від допуску на виконуваний розмір.

Допуск радіального биття складе 60% від допуску на розмір  $\varnothing 97_{-0,5}$  мм,  $T=0,6 \cdot 0,5=0,3$ , прийmemo 0,25 мм – 10 ступінь точності.

Допуск торцевого биття торця складе 60% від допуску на розмір  $43_{-0,62}$  мм, тоді  $T=0,6 \cdot 0,62=0,368$  мм, прийmemo 0,3 мм – 14 ступінь точності.

Шорсткість поверхонь становить 6,3 мкм за критерієм Ra.

На операцію заготовка надходить після заготівельної операції – вільне кування на молотах.

Базуючі поверхні: - діаметральна (подвійна опорна база) виконано в розмір  $\varnothing 104 \pm 3$  мм,  $e_s = 3$  мм,  $e_i = -3$  мм, допуск складе  $T = 6$  мм; торець викував в розмір  $50 \pm 2$  мм,  $e_s = 2$ ,  $e_i = -2$  мм,  $T = 4$  мм – 3 група точності, згідно стандарту.

Точність форми.

Оскільки допуск форми не обговорений, проміжна операція, це означає що допуск входить до складу допуску на розмір. Для діаметральні поверхні розглянемо допуски профілю поздовжнього перерізу і циліндричної, і визначимо як  $T = 0,3T_{104} = 0,3 \cdot 6 = 1,8$  мм, приймаємо 1,6 – 15 ступінь точності.

Для торця розглянемо допуск плоскості. Допуск площинності торця приймемо як 60% від допуску на розмір 50 (+2;-2) мм, тоді  $T_{пл} = 0,6 \cdot T_{50} = 0,6 \cdot 4 = 2,4$  мм, приймамо 2 мм – 15 ступінь точності.

Допуск торцевого биття становить  $T = 0,6 \cdot T_{50} = 0,6 \cdot 4 = 2,4$  мм, приймаємо 2 мм – 15 ступінь точності.

Заготівля буде оброблятися на токарному верстаті HAAS ST-10 з системою ЧПК. Паспортні дані верстата наведені в пункті 5.2.

Обробка на даній операції здійснюється різцем. Пристрій має обслуговуватися верстатником 3-го розряду.

Складання переліку реалізованих функцій.

0. Переміщення і попередня орієнтація заготовки.

1. Базування заготовки.

2. Закріплення заготовки.

3. Базування пристрою на верстаті.

4. Закріплення пристрою на верстаті.

5. Підведення і відведення енергоносія.

6. Освіта вихідної сили для закріплення.

7. Управління енергоносієм.

8. Об'єднання функціональних вузлів (корпус).

9. Обробка поверхонь згідно ескізу.

10. Створення безпечних умов праці.

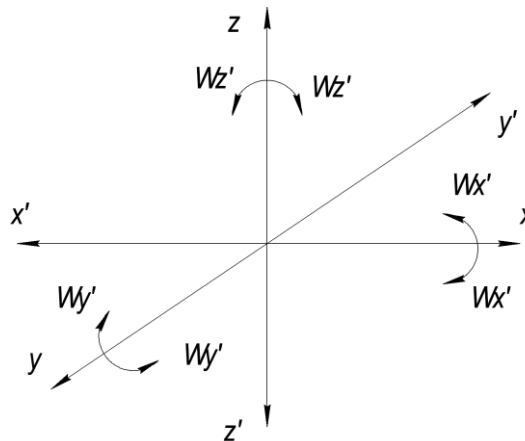


Рисунок 6.1 – Система координат

З таблиці 6.1 видно, що на заготовку накладено 11 односторонніх зв'язків, причому усі повні, що обумовлено відсутністю зазору між деталлю і пристроєм.

Щоб система стала врівноваженою під час обробки, необхідно позбавити заготовку можливості переміщатися по координаті Z.

Побудова функціональної структури і загальної компоновання пристрою.

З набору функцій, наведених вище, виділимо ті, які реалізуються в перебігу оперативного часу: 0,1,2,5,6,7. 3,4 Функції впливають на підготовчо-заклучний час; 9 функція прямого впливу на штучний час не робить.

Таблиця 7.1 – Таблиця односторонніх зв'язків

Індекс зв'язку		X	X'	Y	Y'	Z	Z'	$\omega_x$	$\omega_x'$	$\omega_y$	$\omega_y'$	$\omega_z$	$\omega_z'$
Спосіб реалізації	Реакція	R	R	R	R	-	R	R	R	R	R	R	R

Керуючись нормативами часу, складемо структуру потоку функцій при їх послідовній реалізації. Функціональна структура проектованого пристосування представлена на рис. 6.2.

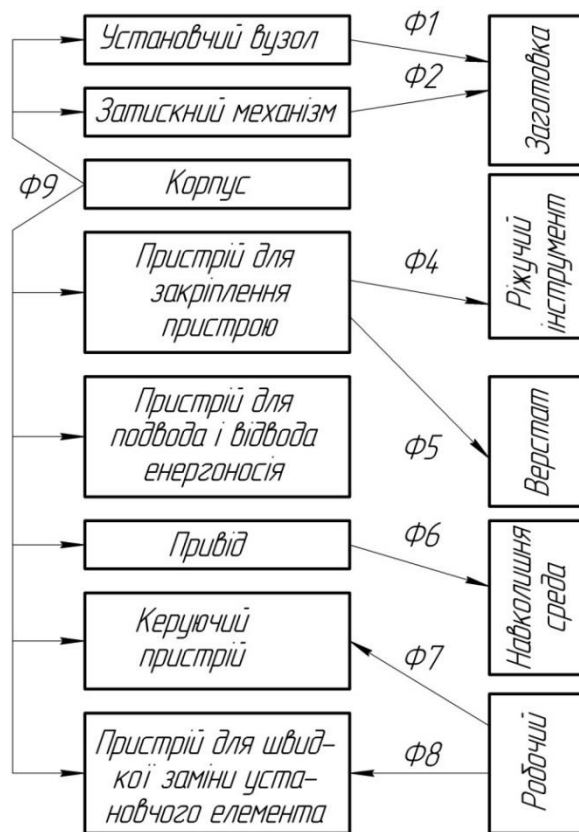


Рисунок 6.2 - Функціональна структура проектного пристрою

Розробка і обґрунтування схеми закріплення. Аналіз взаємодії силових полів з позицій врівноваженості системи: ріжучий інструмент - заготовка - пристрій – верстат.

Розрахунок сил закріплення

Розрахуємо коефіцієнт запасу за формулою з [12]:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (6.1)$$

де  $k_0$  - коефіцієнт гарантованого запасу ( $k_0 = 1,5$ );

$k_1$  - коефіцієнт враховує збільшення сил різання через випадкові нерівності на оброблюваних поверхнях ( $k_1 = 1,1$ );

$k_2$  - коефіцієнт що характеризує збільшення сил різання внаслідок затуплення ріжучого інструменту ( $k_2 = 1,7$ );

$k_3$  - коефіцієнт враховує збільшення сил різання при переривчастому різанні ( $k_3 = 1$ );

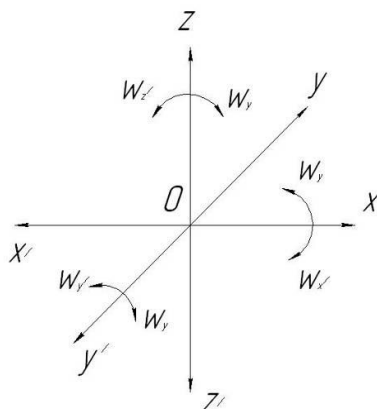
$k_4$  - коефіцієнт що характеризує сталість сили закріплення зажимного механізму ( $k_4 = 1,2$ );

$k_5$  - коефіцієнт що характеризує ергономіку ручних ЗМ ( $k_5 = 1$ );

$k_6$  - коефіцієнт враховує наявність моментів, що прагнуть повернути заготовку;

За формулою 6.1:

$$K = 1,5 \times 1,1 \times 1,7 \times 1,0 \times 1,2 \times 1,1 = 3,366.$$



Індекс зв'язку		$x$	$x'$	$y$	$y'$	$z$	$z'$	$\omega_x$	$\omega'_x$	$\omega_y$	$\omega'_y$	$\omega_z$	$\omega'_z$
Спосіб Реаліза- ції	Реакція			R	R		R	R	R	R	R	R	R
	Сила закріплення					W							
	Сила тертя	F(W)	F(W)										

Розрахуємо аналітичним методом точіння циліндричної ступені  $\varnothing 97$  мм начорно, згідно якого  $P_z = 487$  Н.

Силу закріплення в трикулачковому патроні розраховуємо за формулою:

$$P_z = \frac{1,33 \cdot K \cdot L \cdot P_z}{D \cdot f}$$

Виразимо силу закріплення  $W$

$f_1 = 0,2$  – коефіцієнт тертя між деталлю і установочними затискними елементами пристосування;

$L=50$  мм – довжина оброблюваної заготовки;

$D=104$  мм – діаметр оброблюваної заготовки;

$P_z= 487$  Н – сила різання.

Тоді сила закріплення заготовки буде дорівнює:

$$P_z = \frac{1,33 \cdot 2,8 \cdot 0,085 \cdot 487}{0,104 \cdot 0,2} = 3120 \text{ Н.}$$

Обґрунтування вибору приводу.

Для розкріплення досить ходу 5-10 мм, отже, раціонально вибрати тарілчасту гумовотканинну пневмокамеру однобічної дії з діаметром діафрагми визначається за формулою [12]:

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{W}{p}} = 1,13 \times \sqrt{\frac{3120}{0,4}} = 148,3 \text{ мм} \quad (7.6)$$

де  $p = 0,4$  МПа - тиск повітря в мережі.

Приймаємо по ДСТУ найближчий більший діаметр  $D = 160$  мм.

Отже розраховуємо фактична силу закріплення при діаметрі пневмокамери 160 мм по ДСТУ.

$$W_\phi = \frac{D^2 \times p}{1,13^2} = \frac{160^2 \times 0,4}{1,13^2} = 3574 \text{ Н}$$

Точнісі розрахунки пристрою.

Розглянемо допуск биття деталі в патроні, який не повинен перевищувати 250 мкм. Похибка виготовлення за цим параметром визначається за такою формулою:

$$E_{\text{пр}} \leq T - K_T \sqrt{(K_{T1} \cdot E_6)^2 + E_3^2 + E_y^2 + E_{\Pi}^2 + E_{И5}^2 + (K_{T2} \cdot \omega)^2 + E_{\text{поз}}}$$

де  $K_T = 1,2$  – коефіцієнт, що враховує можливе відхилення від нормального розподілу окремих складових;

$K_{T1} = 0,85$  – коефіцієнт, що враховує можливе відхилення від нормального розподілу допусків базових поверхонь;

$E_6 = 0$  мкм – похибка базування (розглянута раніше);

$E_3 = 100$  мкм – похибка закріплення при установці на опорні пластини з пневматичним зажимом [3, с. 82, таблиця 40];

$E_y = 0$  мкм – похибка установки пристрою на верстаті, що базується по кіничному фланцю верстата;

$E_{\Pi} = 0$  мкм – похибка перекосу інструменту (відсутні направляючі елементи пристосування для ріжучого інструменту);

$E_{И} = 1$  мкм – похибка, що виникає внаслідок зносу встановлювальних елементів і визначається за формулою:

$$E_{И} = \omega \cdot N = 0,002 \cdot 500 = 1 \text{ мкм};$$

$K_{T2} = 0,6$  – коефіцієнт, що враховує ймовірність появи похибки обробки;

$\omega = 80$  мкм – середня економічна точність обробки [6];

$E_{\text{поз}} = 0$  мкм – похибка позиціонування інструменту [5].

Тоді похибка пристосування складе:

$$E_{\text{пр}} = 250 - 1,2 \sqrt{(0,85 \cdot 0)^2 + 100^2 + 0^2 + 0^2 + 1^2 + (0,6 \cdot 80)^2 + 0} = 250 - 195 = 55 \text{ мкм}.$$

З урахуванням отриманих даних приймається допуск перпендикулярності установчої поверхні до базуючої поверхні пристрою 55 мкм,  $T = 0,05$  мм. Похибка в даних межах виникає як результат складання похибок взаємного розташування окремих елементів пристрою.

Опис пристрою і принципу дії пристрою.

Пристосування у збірці має задовольняти технічним вимогам креслення загального вигляду і забезпечувати якісну обробку заготовки по заданих розмірах.

Пристрій складається з плити під якою змонтована пневмокамера і на якій встановлено стакан. При подачі стисненого повітря в і верхню порожнину відбувається закріплення заготовки. Подача повітря здійснюється через триходовий розподільний кран. При відключенні подачі повітря по-засобом перемикання триходового крана відбувається процес розкріплення заготовки за допомогою пружини (камера односторонньої дії).

Специфікація на верстатний пристрій наведена в додатку В.



## ВИСНОВОК

В даній роботі був виконаний аналіз службового призначення верстата 1К62, вузла коробки швидкостей та деталі «Блок шестерень», розроблене креслення даної деталі та технологічний процес її обробки. Проведено аналіз технічних вимог і виявлення технологічних задач при виготовленні деталі. При аналізі технічних вимог описані властивості сталі 40Х, а також були проаналізовані вимоги, пропоновані при виготовленні деталі конструктором, їх відповідність загальноприйнятим стандартам. Виконано аналіз технологічності конструкції згідно ЄСТП.

Тип виробництва – одиничний. В якості заготовки була прийнята поковка кована на молотах, так як вона найбільш економічно ефективна. Виконано аналіз існуючого типового технологічного процесу, за яким деталь виготовлялась на підприємстві виробнику, де знаходився верстат 1К62. Також розроблено прогресивний технологічний процес, де старі універсальні верстати замінені на верстати з ЧПК, а на технологічних операціях, що аналізуються обґрунтовано вибір металорізальних верстатів, вибір верстатних пристроїв металорізального та вимірювальних інструментів, а саме на операціях 015 токарна з ЧПК та 035 зубофрезерна з ЧПК. Були проведені розрахунки режимів різання для даних операцій та норми часу за табличним методом.

Спроектовано верстатний пристрій на операцію 015, розроблено та обґрунтовано схему закріплення та тип силоутворюючого механізму, проаналізовано структуру полів збурюючих та зрівноважуючих сил, зроблено опис пристрою та принцип його роботи.

У розділі «Охорона праці» були розглянуті питання пожежної профілактики при проектуванні та будівництві промислових підприємств.

Також виконано комплект технологічної документації, маршрутний технологічний процес на обрані операції.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Бойко, Ю. І. Технологія машинобудування. Курсове проектування: навч. посіб. / Ю. І. Бойко, О. А. Литвиненко. – Київ: НУХТ, 2018. – 195 с.
2. Добрянський, С. С. Технологічні основи машинобудування. [Електронний ресурс]: підручник для студ. спеціальностей 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування» / С. С. Добрянський, Ю. М. Малафеев; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 379 с.
3. Мазур, М. П. Основи теорії різання матеріалів : підручник / М. П. Мазур, Ю. М. Внуков, В. Л. Доброскок, В. О. Залога та ін.; під заг. ред. М. П. Мазура. – 2-ге вид., перероб. і доп. – Львів : Новий Світ-2000, 2011. – 422 с.
4. Петров, О. В. Технологічна оснастка : навчальний посібник / О. В. Петров, С. І. Сухоруков. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 123 с.
5. Технології виготовлення деталей складної форми. Частина 1 [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньо-професійної програми «Технології машинобудування» та освітньо-наукової програми «Технології машинобудування» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; Ю. В. Петраков, С. В. Сохань, В. К. Фролов, В. М. Кореньков. – Електронні текстові дані. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 288 с.
6. Технології виготовлення деталей складної форми. Частина 2 [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньо-професійної програми «Технології машинобудування» та освітньо-наукової програми «Технології машинобудування» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; Ю.В.Петраков, С.В. Сохань, В.К. Фролов, В.М. Кореньков. – Електронні текстові дані. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 102с.
7. Паливода Ю. Є. Технологія оброблення корпусних деталей : навчальний посібник / Ю. Є. Паливода, І. Г. Ткаченко, Ю. Б. Капаціла, Ів. Б. Гевко. – Тернопіль : ТНТУ , 2016. – 156 с.

8. Паливода Ю.Є. Технологія оброблення важелів та вилок : навчальний посібник / Ю. Є. Паливода, Ю. Б. Капаціла, І. Г. Ткаченко. – Тернопіль : ТНТУ , 2013. – 56 с.

9. Паливода Ю.Є. Технологія оброблення валів : навчальний посібник / Ю. Є. Паливода, І. Г. Ткаченко, Ю. Б. Капаціла. – Тернопіль : ТНТУ , 2016. – 198 с.

10. Паливода Ю. Є. Заготовки у машинобудівному виробництві : навчально-методичний посібник / Паливода Ю.Є., Дячун А.Є. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2023. – 148 с.

11. Паливода Ю.Є. Технологія оброблення зубчастих коліс : навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» галузі знань 13 «Механічна інженерія» / укладачі : Ю. Є. Паливода, Ю. Б. Капаціла, І. Г. Ткаченко. – Тернопіль : ТНТУ, 2016. – 136 с.

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

13. Технології формоутворення сучасних складнопрофільних деталей [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» спеціалізацій «Технології виготовлення літальних апаратів», «Технології машинобудування» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Ю. В. Петраков, С. В. Сохань, В. К. Фролов, В. М. Кореньков. – Електронні текстові данні. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 380 с.

14. Основи охорони праці: Підручник. 2-ге видання, доповнене та перероблене. / К. Н. Ткачук, М. О. Халімовський, В. В. Зацарний, Д. В. Зеркалов, Р. В. Сабарно, О. І. Полукаров, В. С. Коз'яков, Л. О. Мітюк. За ред. К. Н. Ткачука і М. О. Халімовського. — К.: Основа, 2006 — 448 с.

# ДОДАТОК А

## КРЕСЛЕННЯ ДЕТАЛІ

$\sqrt{Ra\ 12,5\ (N/1)}$

Модуль	3	3
Число зубів	Z	30
Номінальний діаметр	- ДСТУ 13755 - 2011	
Коефіцієнт зчеплення	X	0
Ступінь точності	- 8 - 7 - 7 - Ba	
Довжина загальної нормалі	W	32,258 <sup>+0,010</sup> <sub>-0,020</sub>
Діаметр	d	90
Шляхове з'єднання	6x23H7x28H12x6D9	

0,03 A

0,03 A

1. Покровка Гр. III ДСТУ 8479-2010, НВ 223...262.  
 2. Н14; н14; ±IT14/2.  
 3. Маркувати позначення деталі.

1К62.000.000.001

1К62.000.000.001

Блок шестерень

Сталь 45 ДСТУ 4543-2016  
СумДУ, МВ-01/1

№ п/п	№ документа	№ дата	№ дата	№ дата	№ дата
1	Разработ	11	0,6	1	1
2	Провер				
3	Утвер				

## ДОДАТОК Б

### РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ ПРИПУСКІВ

РОЗРАХУНОК ПРИПУСКІВ НА ДІАМЕТРАЛЬНІ РОЗМІРИ		
Програма - 'prip' ver.7.1		
СумДУ. Обчислювальний центр факультету ТЕСЕТ		10.05.2024

Розрахунок виконаний для Горяев І. група - МВ-01/1  
 ВИХІДНІ ДАНІ:  
 оброблювальна поверхня - зовнішня циліндрична  $\phi$  23 +0,021  
 0

Найменування переходу або операції маршрута обробки поверхонь	Позначення точності	Граничні відхилення, мм	Елементи припуску, мкм				
			шорсткість Rz (i-1)	дефект шар h (i-1)	простр відхил р (i-1)	похибка базув EB (i)	закр. Ez (i)
Прокат	ДСТУ 4738-2007	+1.700 -0.300	-	-	-	-	-
Chornova	квалітет 14 0 -0.180	0 -0.18	250	500	1119	500	500
Polychistova	квалітет 9 0 -0.052	-0.052 0	125	180	127	200	100
Chistova	квалітет 7 +0.021 0	+0.021 0	20	50	85	0	0

РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ :

Розрахункові знач.			Прийняті значення, мм							
припуск, мкм		розрахунковий розмір, мм	розрахунковий розмір	номінальний розмір з граничними відхиленнями	граничний розмір		припуск, мкм			
мін	розр.				мінімальний	максимальний	мінім	розр.	макс.	
-	-	19.34	19.34	20	+0.200 -0.500	18.5	19.2	-	-	-
968	1119	21.3	21.6	21.8	0 -0.18	21.82	22.0	1400	1340	1430
145	127	22.373	22.773	22.4	0 -0.052	22.348	22.4	270	900	1055
50	85	23	23	23	+0.021	23.000	23.021	145	170	373

К І Н Е Ц Ь Р О З Р А Х У Н К У





## ДОДАТОК Г

### ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

#### **Пожежна профілактика при проектуванні та будівництві промислових підприємств.**

Пожежна профілактика - комплекс інженерно-технічних і організаційних заходів, спрямованих на забезпечення протипожежного захисту об'єктів народного господарства. Метою пожежно-профілактичної роботи є підтримання в країні високого рівня пожежної безпеки в містах, населених пунктах, місцях концентрації матеріальних цінностей і на об'єктах народного господарства шляхом приведення їх у зразкове протипожежний стан. Основними завданнями профілактичної роботи є: розробка і здійснення заходів, спрямованих на усунення причин, що можуть спричинити виникнення пожеж; обмеження поширення можливих пожеж та створення умов для успішної евакуації людей і майна на випадок пожежі; забезпечення своєчасного виявлення виниклої пожежі, швидкого виклику пожежної охорони та успішного гасіння пожежі.

Профілактична робота на об'єктах включає; періодичні перевірки стану пожежної безпеки об'єкта в цілому і його окремих ділянок, а також забезпечення контролю за своєчасним виконанням запропонованих заходів; проведення пожежно-технічних обстежень об'єкта представниками Державного пожежного нагляду (Держпожнагляду) з врученням приписів, встановлення дієвого контролю за виконанням приписів та наказів, виданих по них; постійний контроль за проведенням пожежонебезпечних робіт, виконанням протипожежних вимог на об'єктах нового будівництва, при реконструкції та переобладнанні цехів, установок, майстерень, складів та інших приміщень; проведення бесід-інструктажів та спеціальних занять з робітниками і службовцями об'єкта з питань пожежної безпеки (а також з тимчасовими робітниками інших підприємств і організацій, які прибули на об'єкт) та інших заходів з протипожежної пропаганди та агітації; перевірку справності і правильного змісту стаціонарних автоматичних і



первинних засобів пожежогасіння, протипожежного водопостачання та систем сповіщення про пожежі; підготовку особового складу добровільних пожежних дружин та бойових розрахунків для проведення профілактичної роботи та гасіння пожеж і загорянь; установку в цехах, майстернях, складах і на окремих агрегатах систем пожежної автоматики.

Пожежно-профілактична робота на підприємствах проводиться Держпожнаглядом, особовим складом пожежних частин, пожежно-технічними комісіями (ПТК), добровільними пожежними дружинами (ДПД), добровільними пожежними товариствами (ДПО), відділами з техніки безпеки, а також позаштатними пожежними інспекторами при виконавчих комітетах місцевих рад народних депутатів.

Основний метод профілактичної роботи - усунення виявлених в ході перевірки недоліків на місці, а за відсутності такої можливості - в найкоротший термін. Такі заходи, як обладнання цехів, майстерень, складів установками пожежної автоматики, заміна горючих речовин менш горючими і т. П., Оформляються розпорядженнями або актами, які вручаються керівникам підприємств.

Органи Держпожнагляду покликані здійснювати контроль за дотриманням діючих правил і норм пожежної безпеки при проектуванні, будівництві, реконструкції та експлуатації будівель і споруд. Основною формою пожежно-профілактичної роботи органів Держпожнагляду на об'єктах народного господарства, в тому числі і на підприємствах бітового обслуговування населення, є пожежно-технічні обстеження (ПТО), які проводяться з метою контролю за дотриманням затверджених в установленому порядку правил і норм, спрямованих на запобігання пожеж , успішне їх гасіння, забезпечення безпеки людей у разі виникнення пожежі, а також на забезпечення будівель і споруд засобами протипожежного захисту. Саме в ході обстежень встановлюється істинне стан пожежної безпеки об'єктів і адміністрації пропонується здійснити комплекс пожежно-профілактичних заходів.

Вогнестійкість будівельних конструкцій, будівель і споруд

Технічні рішення в частині пожежної безпеки реалізуються на стадії проектування і будівництва різних об'єктів, зокрема підприємств торгівлі і громадського харчування, баз і складів. При цьому для зменшення небезпеки виникнення і розповсюдження пожеж важливе значення має правильний вибір будівельних матеріалів і конструкцій. За здатністю до спалаху вони підрозділяються на три групи: негорючі, важкогорючі і горючі.

Вогнестійкістю будівельних конструкцій називається їх здатність зберігати несучі і захисні функції в умовах пожежі. Межа вогнестійкості будівельної конструкції – це період часу (у годинах) від початку випробування її дією вогню або високої температури до появи однієї з наступних ознак:

- а) утворення в конструкції наскрізних тріщин;
- б) підвищення температури на поверхні конструкції, яка не обігривається, в середньому більш ніж на  $160^{\circ}\text{C}$  або в будь-якій точці цієї поверхні більш ніж на  $190^{\circ}\text{C}$  порівняно з температурою конструкції до випробування;
- в) втрата конструкцією несучої здатності.