

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

Центр заочної, дистанційної та вечірньої форм навчання
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи (проєкту)

перший (бакалаврський)
(освітньо-науковий рівень)

на тему

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів
«Проектування технологічного процесу виготовлення
штулки зубчастой H17.205.174.03»

Виконав: студент IV курсу, групи ТМз-72с
спеціальності:

131 «Прикладна механіка»
(шифр і назва спеціальності)

освітньої програми:

«Технології машинобудування»
(назва освітньої програми)

Даніїл ЄРМОЛЕНКО
(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник

Павло КУШНІРОВ
(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Рецензент

Віталій КОЛЕСНИК
(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Суми – 2021 року

ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ
«Сумський державний університет»

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри технології
машинобудування, верстатів та
інструментів

Віталій ІВАНОВ
«__» _____ 2021 року

ЗАВДАННЯ
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (ПРОЄКТУ) СТУДЕНТУ
Єрмоленко Данііл Богданович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Проектування технологічного процесу виготовлення втулки зубчастой Н17.205.114.03
- керівник проєкту Кушніров Павло Васильович, канд. техн. наук, доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
- затверджені наказом вищого навчального закладу від «01» квітня 2021 року № 145-VI
2. Строк подання студентом роботи (проєкту) «01» червня 2021 року
3. Вихідні дані до роботи (проєкту)
- 3.1 Робоче креслення деталі «втулка зубчаста Н17.205.114.03».
- 3.2 Річний обсяг випуску деталей – 2000 шт.
- 3.3 Базовий технологічний процес виготовлення деталі «втулки зубчастой».
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
- 4.1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі
- 4.2 Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі
- 4.3 Визначення типу виробництва та форми організації робіт
- 4.4 Аналіз технологічності конструкції деталі
- 4.5 Вибір способу отримання вихідної заготовки, розроблення технічних вимог на її виготовлення
- 4.6 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі
- 4.7 Проектування верстатного пристрою для установки заготовки
- 4.8 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

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

5.1 Креслення вихідної заготовки

5.2 Креслення маршрутного технологічного процесу виготовлення деталі

5.3 Креслення операційного налагодження

5.4 Креслення верстатного пристрою

6. Інша конструкторська та технологічна документація

Комплект документів на технологічний процес виготовлення деталі «втулка зубчаста Н17.205.114.03»

5. Консультанти розділів роботи (проєкту)

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

6. Дата видачі завдання « 04 » 01 2021 року

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН
верстатів та інструментів

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Технологічна частина	10.05.2021	
2	Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	15.05.2021	
3	Оформлення пояснювальної записки	20.05.2021	
4	Оформлення комплекту технологічної документації	25.05.2021	
5	Оформлення креслень та презентації	31.05.2021	

Студент

(підпис)

Данійл ЄРМОЛЕНКО

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи (проєкту)

(підпис)

Павло КУШНІРОВ

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет

Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ *Віталій ІВАНОВ*

« _____ » *червня 2021* р.

**ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ
ВТУЛКИ ЗУБЧАСТОЇ Н17.205.114.03**

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів
Кваліфікаційна робота (проект) бакалавра
Спеціальність – 131 «Прикладна механіка»
Освітня програма – «Технології машинобудування»

Студент

Даніїл ЄРМОЛЕНКО

Керівник

Павло КУШНІРОВ

Нормоконтроль

Юлія ДЕНИСЕНКО

ЗМІСТ

	С.
Вступ	8
1 Аналіз службового призначення машини «Насос ДН» та деталі «Втулка зубчаста Н17.205.114.03»	9
2 Аналіз технічних вимог з виготовлення деталі втулка зубчаста	13
3 Визначення типу виробництв та форми організації	15
4 Аналіз технологічності конструкцій втулки зубчастої	18
5 Вибір способів отримання заготовки	20
6 Аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення	24
6.1 Розрахунки припусків на обробку $\varnothing 75(+0,030)$	24
6.2 Обґрунтування та вибір схем базування та схем закріплення заготовки втулки зубчастої	26
6.3 Вибір і обґрунтування металорізального верстата	30
6.4 Вибір і обґрунтування верстатних пристроїв, інструментів	33
6.5 Розрахунок і визначення режимів різання	34
6.6 Технічні нормування двох операцій	38
7 Проектування верстатного пристрою для токарної операції	41
7.1 Обґрунтування вибору системи проектного пристрою	41
7.2 Визначення результатів заданої технологічної операції	41
7.3 З'ясування даних про заготовку втулки, що надходить на задану технологічну операцію	42
7.4 Умови виготовлення та експлуатації пристрою, що проектується	43

					ТМЗ 19320569-00 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Проектування технологічного процесу виготовлення втулки зубчастої Н17.205.114.03	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Срмоленко						
Провер.		Кушніров					5	62
Реценз.						СумДУ, ТМЗ-72с		
Н. Контр.		Денисенко						
Утв.		Іванов						

7.5 Функції що реалізовані в проектанму пристрої	43
7.6 Обґрунтування і розроблення схем базування заготовки втулки	44
7.7 Побудова функціональної структури проектаного пристрою	46
7.8 Обґрунтування схеми закріплення заготовки втулки	47
7.9 Точнісний розрахунок проектаного пристрою	50
7.10 Конструкція спеціального пристрою, принцип дії	51
Висновки	52
Перелік джерел посилання	53
ДОДАТОК А Креслення деталі «Втулка зубчаста Н17.205.114.03»	55
ДОДАТОК Б Розрахунки припусків	56
ДОДАТОК В Специфікація	57
ДОДАТОК Г Охорона праці	59

**Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів**

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра: 62 с., 13 рис., 7 табл., 19 джерел посилаць.

Мета роботи – спроектувати технологічний процес виготовлення втулки зубчастої Н17.205.114.03.

Об'єктом розробки слугує технологічний процес виготовлення деталі «Втулка зубчаста Н17.205.114.03».

Предметом розробки слугує деталь «Втулка зубчаста Н17.205.114.03», що входить до складу машини-виробу «Насос ДН».

В дипломній кваліфікаційній роботі ми проаналізували службове призначення машини-виробу «Насос ДН» і деталі «Втулка зубчаста», крім того ми розглянули як технічні вимоги, так і якісні показники технологічності деталі «Втулка зубчаста». Розрахували припуски на оброблення $\varnothing 75(+0,030)$, обґрунтували методи отримань вихідної заготовки гарячим штампуванням.

Саме для двох технологічних операцій 045 (токарної з ЧПК) і 070 (свердлильної з ЧПК) проаналізували і обґрунтували схему базування заданої деталі «Втулка зубчаста». Провели також обґрунтування обраного металорізального устаткування, верстатних пристроїв, вимірювальних і різальних інструментів. Розрахунково-аналітичними способами розрахували режими різання, нормовано дві вищезгадані операції. Для токарної з ЧПК операції розробили спеціальний верстатний пристрій з приводом.

Для технологічного процесу обробки «Втулки зубчастої Н17.205.114.03» оформили альбом карт технологічної документації.

ВТУЛКА Н17.205.114.03, ВИГОТОВЛЕННЯ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС,
ШТАМПОВКА, ПРИПУСК, ЯКІСНА ТЕХНОЛОГІЧНІСТЬ, РЕЖИМИ
РІЗАННЯ, НОРМУВАННЯ ОПЕРАЦІЇ, ОХОРОНА ПРАЦІ

1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МАШИНИ «НАСОС ДН» ТА ДЕТАЛІ «ВТУЛКА ЗУБЧАСТА Н17.205.114.03»

Деталь «Втулка зубчаста Н17.205.114.03» входить до складу насосу ДН. Насоси ДН – є горизонтальними, відцентровими, одноступінчатими з двозавітковим спіральним відводом та робочим колесом двостороннього входу.

Насоси ДН призначені для таких цілей:

- для систем горячого та холодного водо- та теплопостачання;
- для перекачування води та хімічно активних нетоксичних рідин;
- для систем водозаборів;
- для перекачування технічної води в галузі теплоенергетики, включаючи атомні електростанції;
- для перекачування в хімічній промисловості рідин, що подібні за своїми властивостями до води;
- для систем пожежогасіння різних об'єктів;
- для металургійної промисловості в різних системах охолодження.

Насоси ДН можуть використовуватися при безперервному режимі експлуатації.



Рисунок 1.1 – Виріб – насос ДН

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

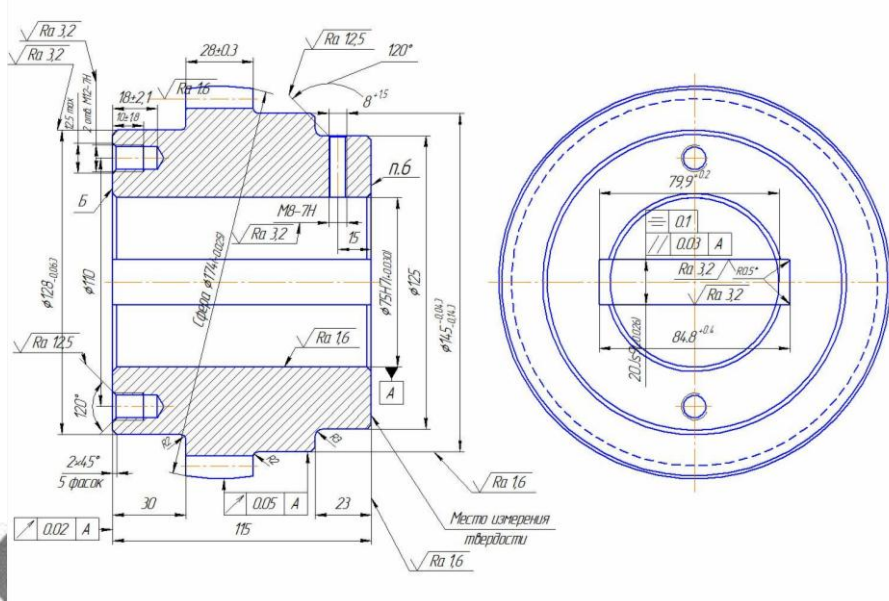


Рисунок 1.2 – Втулка зубчата Н17.205.114.03

Деталь відносять до типу шестерен.

Деталь є тілом обертання з відношенням $\frac{l}{d} = \frac{115}{174} = 0.68$ мм.

Габаритні розміри деталі: 174 x 115 мм. Зовнішня сфера 174h6 є найбільш точною поверхнею втулки.

Деталь складається з таких конструктивних елементів:

- сфера $\phi 174h6$;
- зовнішні циліндричні поверхні: $\phi 128h8$, $\phi 125$, $\phi 145f9$;
- внутрішня циліндрична поверхня $\phi 75H7$;
- торець $l=115$ мм;
- торці: $l=23$ мм, $l=28$ мм, $l=30$ мм;
- нарізні отвори М12-7Н (2 отв.);
- один арізний отвір М8-7Н;
- зубці;
- пази $l=84,8$ мм (2 паза);
- фаски 2×45^0 .

Основною конструкторською базою є поверхня отвору $D=75$ мм. Це – подвійна напрямна база, оскільки $L=115 > D=75$ (див. рис. 1.3).

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ТМЗ 19320569-00 ПЗ

Лист

11

3 ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ВИРОБНИЦТВ ТА ФОРМИ ОРГАНІЗАЦІЇ

Тип виробництва при виготовленні деталі та відповідна йому форма організації робіт визначатиме характер технологічного процесу, його структурну побудову.

Визначати тип виробництва можемо розрахунковим шляхом, використовуючи формули [6].

Тип виробництва по ГОСТ 3.1108-78 характеризується коефіцієнтом закріплення операції $K_{зо}$, який є відношенням всіх технологічних операцій при виготовленні деталі і що виконувани на протязі місяця, на кількість робочих місць на технологічній ділянці [6]:

$$K_{зо} = \frac{\sum O_{опер}}{\sum P_{робоч}}, \quad (3.1)$$

при цьому $\sum O_{опер}$ – сума технологічних операцій; $\sum P_{робоч}$ – сума числа робітників, виконуючих технологічні операції на ділянці.

Отримані дані з результатами розрахунків зводитимо в таблицю 3.1.

Розрахункову кількість обладнання визначаємо за формулою [6]:

$$m_p = \frac{N_p \cdot T_{шт.к}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{з.н.}} \quad (3.2)$$

де $N_p=2000$ шт. – це річна програма випуску деталей втулки зубчастої;

$F_{дійсн.} = 4015$ годин – це дійсний річний фонд часу роботи верстатів на ділянці;

$\eta_{з.н.} \approx 0,75 \dots 0,80$ є нормативним коефіцієнтом завантаження верстатів на ділянці, прийmemo $\eta_{з.н.} = 0,80$.

$$m_{p01} = \frac{2000 \cdot 10,2}{60 \cdot 4015 \cdot 0,80} = 0,121$$

Визначимо фактичне число коефіцієнта завантаження робочого місяця:

$$\eta_{зав.фак.} = \frac{m_{p01}}{P} \quad (3.3)$$

Де P – це прийнята кількість робочих місць.

$$\eta_{з.ф.01} = \frac{0,121}{1} = 0,121$$

Знайдемо кількість операцій, виконаних на одному робочому місці ділянки:

$$O = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{зав.фак.}} \quad (3.4)$$

$$O = \frac{0,80}{0,121} = 6,61$$

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{174,1}{6} = 29,01$$

Оскільки коефіцієнт закріплення операцій дорівнює 29, тобто від 20 до 40 операцій, то маємо тип виробництва - дрібносерійний.

Таблиця 3.1 – Дані для розрахунків коефіцієнта закріплення операцій

№ операції	Назва операції	$T_{шт}$	m_p	P	$\eta_{з.ф}$	O
010	Токарно-гвинторізна	12,02	0,101	1	0,101	15,56
020	Токарно-гвинторізна	10,43	0,122	1	0,122	16,87
030	Токарна з ЧПК	7,1	0,045	1	0,045	34,32
040	Горизонтально-протягувальна	3,9	0,034	1	0,034	64,47
050	Свердлильна	4,25	0,037	1	0,037	31,23
060	Зубофрезерна	13,24	0,149	1	0,149	13,96
Сума:				6		174,01

Добова кількість виготовлених деталей зубчастих втулок:

$$N_{доб} = \frac{N}{254} = 7,87 \approx 8(\text{штук}),$$

маємо 254 – число днів праці в році.

Добова продуктивність потокової лінії (завантаження 60%):

$$Q_c = \frac{F_{суточ}}{T_{ср}} \cdot \eta_z = \frac{948}{264} \cdot 0,80 = 2,8(\text{шт.}), \text{ (приймаємо 3 шт.)},$$

- Дотримуються принципи взаємозамінності при обробці, а верстати розташовують за ходом процесу обробки втулок, що потребує однакового порядку обробки.

- Верстати використовують універсальні, спеціальні або спеціалізовані.

4 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЙ ВТУЛКИ ЗУБЧАСТОЇ

Проведемо аналіз технологічності за якісними параметрами втулки зубчастої.

Технологічний процес по ГОСТ 14.304 – 79 розробляють для тих деталей, конструкція яких була проаналізована на технологічність.

Деталь відносять до виду півмуфт. Конфігурація, розміри втулки (115×Ø174 мм) свідчать про достатню жорсткість її конструкції.

Деталь «Втулка зубчаста П17.205.14.03» має такі нетехнологічні елементи:

- сфера 174h6,
- глухі різьбові отвори М12-7Н,
- галтелі,
- нерівномірні перепади поверхонь за висотою,
- отвір М8-7Н, що міститься на циліндричній поверхні деталі.

Всі ці перераховані елементи ускладнюють обробку втулки зубчастої.

Матеріалом деталі втулки є сталь 40Х ГОСТ 4543-76, він є відносно не дуже дорогим матеріалом, який має сталі-замінники. Проте через значну в'язкість сталь важкувата для оброблюваності різанням.

Нетехнологічність оброблення заготовки можна нівелювати шляхом використання спеціального оснащення, а також комбінованого інструменту.

										Лист
										18
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

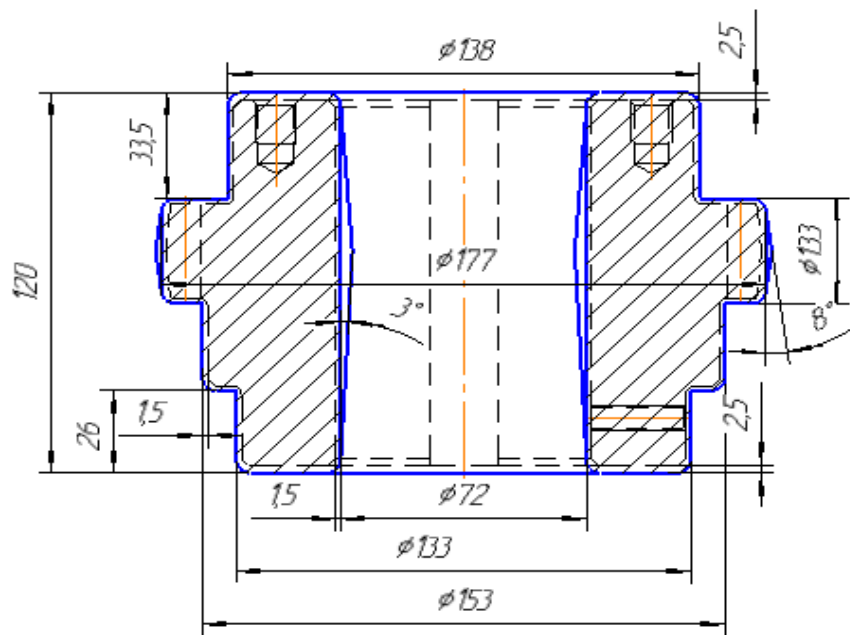


Рисунок 5.2 – Ескіз поковки-штамповки

Проведемо проектування заготовки- штамповки. Маємо:

група сталі М2; клас точності Т4

Масова доля вуглецю в сталі 40Х: 0,35 – 0,45%.

В залежності від числа відношення визначають ступінь складності заготовки:

$$M_{\text{Пок}}/M_{\text{Фіг}} \quad (5.2)$$

де:

$M_{\text{Фіг}}$ – це маса описуючої фігури;

$M_{\text{Пок}}$ – це розрахункова маса поковки- штамповки.

Масу поковки- штамповки розрахуємо за формулою:

$$M_{\text{Пок}} = K_p * M_d \quad (5.3)$$

де:

K_p – це розрахунковий коефіцієнт, $K_p = 1,61$,

M_d – це маса деталі, $M_d = 10,50$ кг. Тоді:

$$M_{\text{Пок}} = 1,61 * 10,50 = 16,9 \text{ (кг)}.$$

Знаходимо масу описуючої фігури заготовки:

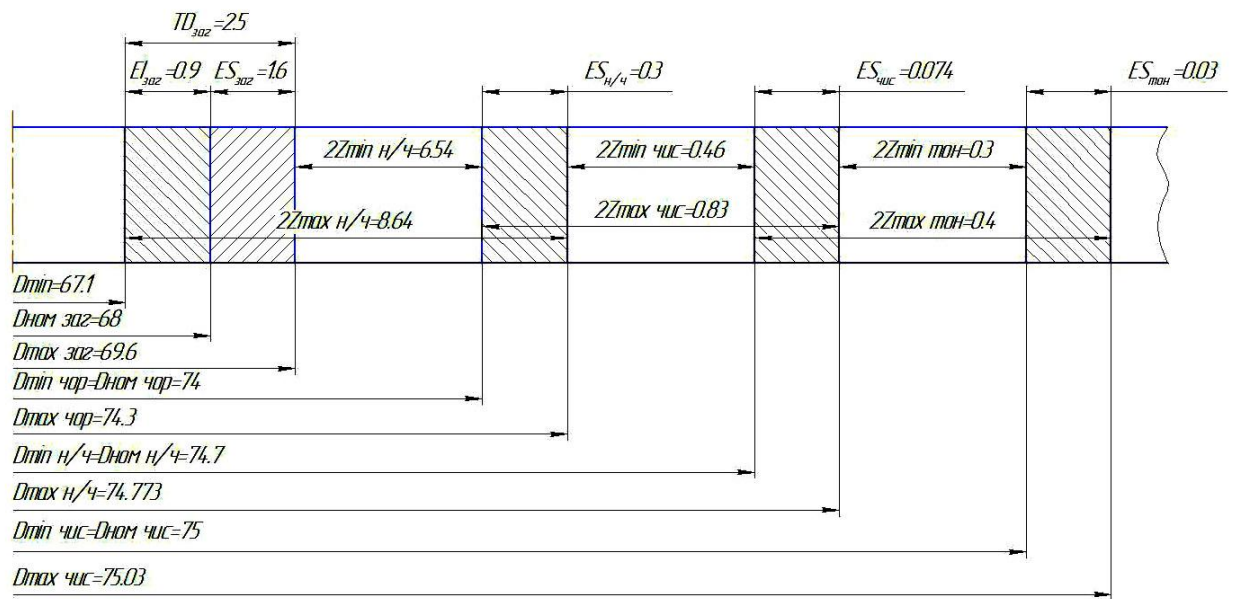


Рисунок 6.1 – Схема розташування допусків і припусків при обробці розміра $\varnothing 75(+0,030)$ втулки зубчастої

Сумський державний університет
 Кафедра технології машинобудування,
 верстатів та інструментів

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

6.2 Обґрунтування та вибір схем базування та схем закріплення заготовки втулки зубчастої

Обґрунтування можливих схем базування і закріплення заготовки втулки зубчастої здійснено для двох операцій технології обробки – 045 Токарної з ЧПК та 070 Свердильної з ЧПК.

Базування на операції 045 Токарна з ЧПК.

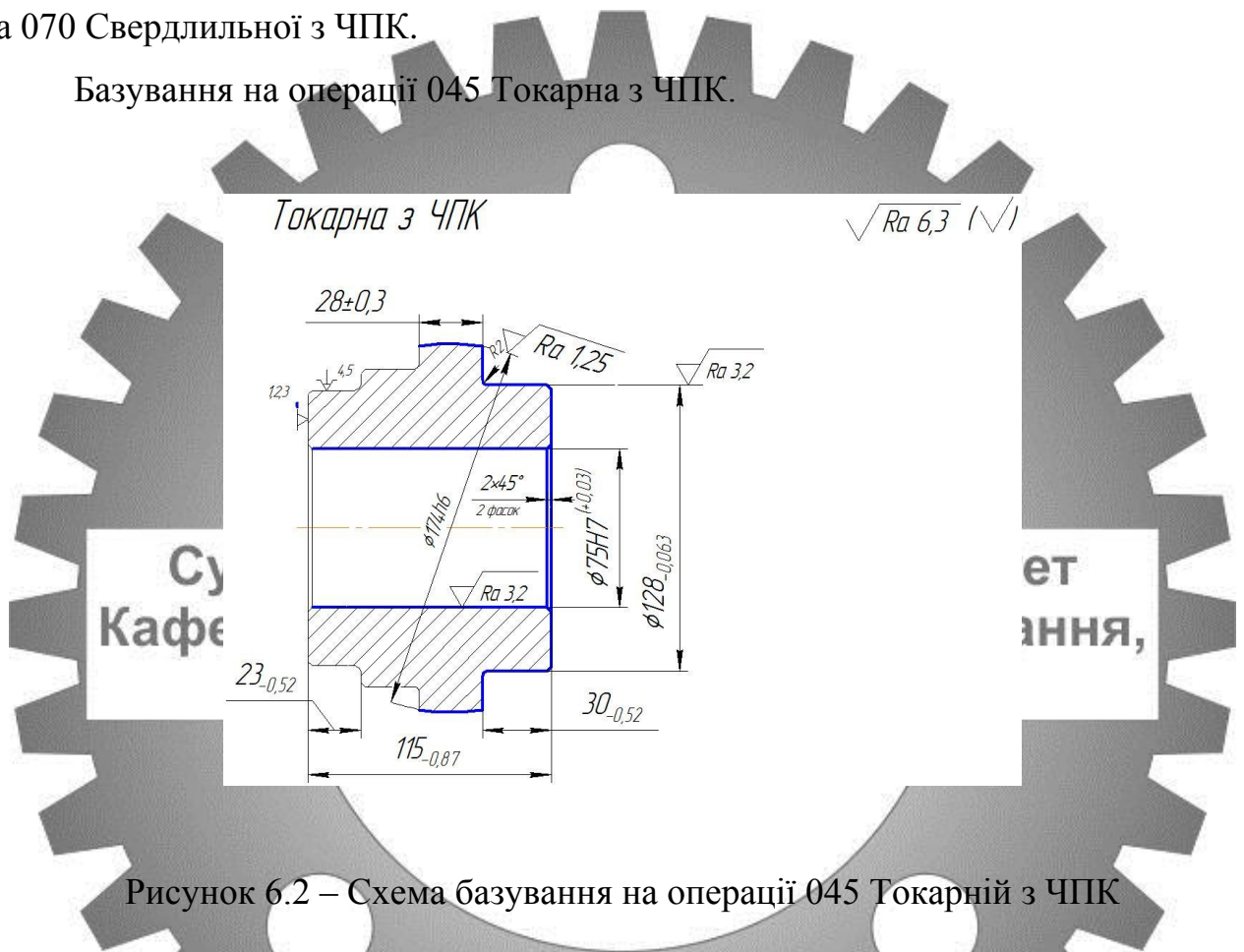


Рисунок 6.2 – Схема базування на операції 045 Токарній з ЧПК

На запропонованій схемі базування (рисунок 6.2) деталь базується у трикулачковому патроні, при цьому вона позбавлена п'яти ступенів свободи. Базами є лівий торець та зовнішня циліндрична поверхня $D=125$ мм.

Установлювальною базою є торець, при цьому заготовку позбавлено трьох ступенів свободи; подвійна опорна база - зовнішня циліндрична поверхня, при цьому заготовку позбавлено двох ступенів свободи (див. таблиці 6.1 та 6.2).

Похибка базування в радіальних напрямках при закріпленні в трикулачковому патроні є відсутньою.

Таблиця 6.1 – Таблиця відповідностей

Зв'язок	Ступень вільності	Найменування
1, 3, 2	VI, I, V	Уст. база
5, 4	II, III	Подв. Опорн. база

Таблиця 6.2 – Матриця зв'язку

	X	Z	Y	Найменування
1	1	0	0	Уст. база
α	0	1	1	
1	0	1	1	Подв. Опорн. база
α	0	0	0	

Базування на операції 070 Свердлильній з ЧПК

Базування проводимо на верстаті мод. ГФ2171Ф4, заготовка встановлюється на короткій оправці по посадці $\varnothing 75H7/g6$. Маємо подвійну опорну та установчу бази (див рисунок. 6.3.).

Таблиця 6.3 - Зв'язки при базуванні

База	Зв'язки	Ступені свободи
Уст. база	3, 1, 2	VI, I; V
Подв. Опорн. база	5, 4	II, III

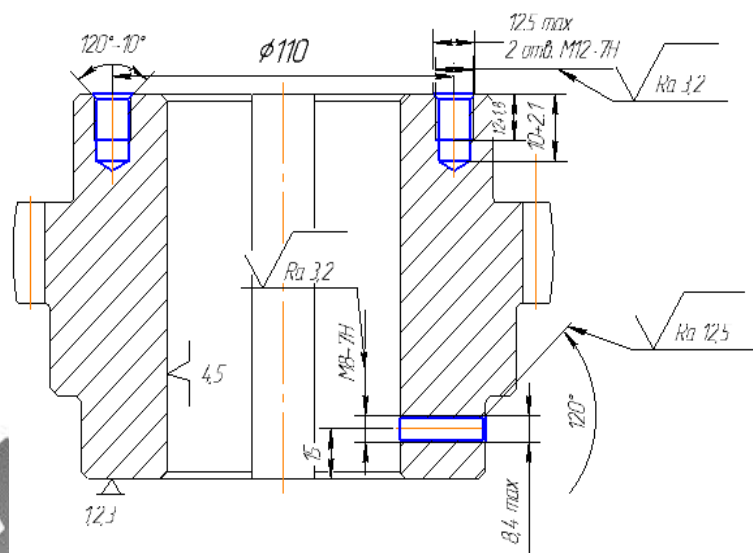


Рисунок 6.3. – Схема базування деталі на операції 070 Свердлильній з ЧПК

Таблиця 6.4 - Матриця зв'язків

	x	y	z	Найменування бази
L	0	0	1	Уст. база
α	1	1	0	
L	1	1	0	Подв. Опорн. база
α	0	0	0	

При обробці глухих отворів $\varnothing 10,2$ мм під різь точність розмірів глибини 18 мм має похибку базування, що дорівнює допуску на розмір висоти деталі 115 мм:

$$E_b = T_{155} = 870 \text{ мкм.}$$

Похибка базування радіальних розмірів дорівнює нулю.

Альтернативною схемою базування є установлення по зовнішній поверхні, наприклад, в трикулачковому патроні (рис. 6.4).

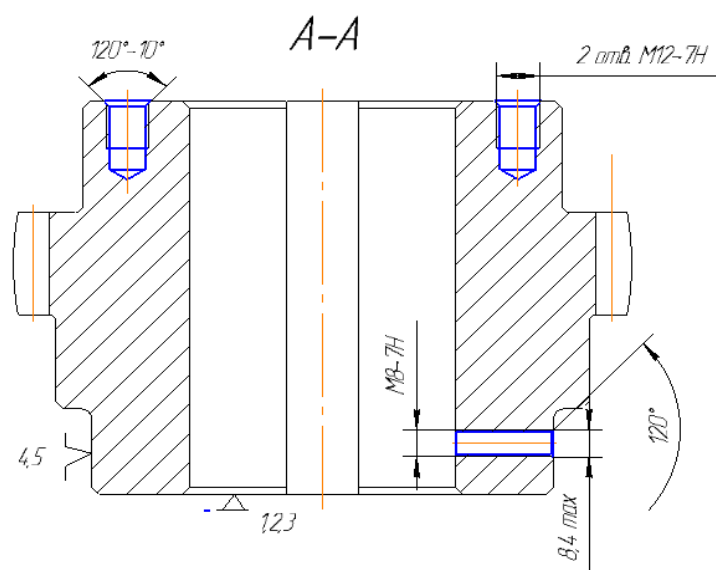


Рисунок 6.4 – Альтернативна схема базування в трикулачковому патроні на операції 070 Свердлильній з ЧПК

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

Висновки:

виходячи з результатів аналізу, для операції 045 Токарної з ЧПК установлення у трикулачковому патроні є кращим варіантом, оскільки похибка базування мінімальна;

для операції 070 Свердлильній з ЧПК підходять обидва способи базування заготовки, але установлення на короткій оправці дозволяє встановити заготовку втулки зубчастої зручніше, тому ми обиремо цей варіант.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ТМЗ 19320569-00 ПЗ

Лист

29

6.3 Вибір і обґрунтування металорізального верстата

Розглянемо 045 Токарну з ЧПК операцію. Для операції 045 Токарної з ЧПК вибір верстату проводимо, порівнюючи моделі 16P25П та 16A20Ф3.

Технічна характеристика цих верстатів наведені в таблицях 6.5 та 6.6.

Таблиця 6.5 – Технічні характеристики верстату 16P25П

Параметр	Характеристики
Найбільший діаметр заготовки над станиною, мм	500
Клас точності	П
Найбільший діаметр заготовки над суппортом, мм	250
Найбільші розміри різця, мм	28 x 28
Висота центрів, мм	214
Число ступенів частот прямого обертання шпинделя	20
Найбільша довжина заготовки, мм	3050
Діаметр скрізного отвору в шпинделі, мм	95
Число ступенів частот зворотнього обертання шпинделя	12
Частота прямого обертання шпинделя, об/мин	18...2200
Частота зворотнього обертання шпинделя, об/мин	18...2200
Конус задньої бабки	Морзе 6
Розмір внутрішнього конуса в шпинделі, М	Морзе 5
Число ступенів поперечних подач	44
Габарити верстату (довжина ширина висота), мм	2832 × 1354 × 1625
Маса верстата, кг	2750

Таблиця 6.6 – Технічна характеристика верста моделі 16A20Ф3

Параметр	Характеристики
Позначення системи ЧПК	2P22
Найбільший діаметр заготовки над станиною, мм	400
Діаметр отвору в шпинделі, мм, мм	53
Сумарна потужність електродвигунів, кВт	21,4
Найбільший діаметр заготовки над суппортом, мм	220
Кінець шпинделя за ГОСТ 12593-72	6К
Висота центрів, мм	220
Число ступенів частот обертань шпинделю	22
Найбільша довжина виробу в центрах (РМЦ), мм	2000
Діаметр скрізного отвору в шпинделі, мм	53
Число ступенів частот зворотнього обертання шпинделя	14
Частота прямого обертання шпинделя, об/мин	12,5...2100
Частота зворотнього обертання шпинделя, об/мин	12,5...2100
Конус в задній бабке	Морзе 5
Розміри конуса в шпинделі, М	Морзе 6
Число ступенів поперечних подач	48
Потужність електродвигуну головного привода, кВт	11
Маса верстата з ЧПК, кг	4050
Габарити верстату (довжина ширина висота), мм	3750 × 3750 × 3750

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ТМЗ 19320569-00 ПЗ

Лист

31

6.4 Вибір і обґрунтування верстатних пристроїв, інструментів

Операція 045 Токарна з ЧПК:

Технологічна оснастка - обираємо трикулачковий самоцентруючий патрон:

- Патрон 7108-0021 ГОСТ 2571-71.

Різальний інструмент:

- Різець PDJNR 3232K15, Різець CCJCR 2525M12H2.

Вимірювальний інструмент:

- Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 за ГОСТом 166-89; Нутромір 75-100; Скоба 128h8 СТП 962; Шаблон радіусний РШ-1 ГОСТ 4126-84; Шаблон на сферу МС2-174-1582.

Операція 070 Свердлильна з ЧПК:

Технологічна оснастка – обираємо пристрій спеціальний поворотний.

Допоміжний пристрій: свердлильний патрон ВТ42-Е3808-512.

Різальний інструмент:

Свердло 2301 0189 ГОСТ 10903-78;

Свердло 2301 0030 ГОСТ 10903-78;

Зенківка СТП 814.12.00.03;

Мітчик 2622-1495 ГОСТ 3268-83

Вимірювальний інструмент:

Оскільки маємо дрібносерійний тип виробництва, то пріоритет тут слід віддавати вимірювальним універсальним засобам. При цьому, визначаючи точність інструмента, потрібно враховувати, що ціна поділки вимірювача повинна становити $0,35 \div 0,50$ від допуску вимірювального параметра. Саме цьому в якості вимірювальних інструментів обираємо:

Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 за ГОСТом 166-89;

Штангенглибиномір ШГ 160 ГОСТ 162-91.

Умова $S_d < S_{мц,с} \rightarrow 0,162 < 0,25$ (мм/об) виконується, тоді міцність свердла є достатньою.

Далі визначимо швидкість різання, яку допускають інструментом:

$$V_p = \frac{C_v \cdot D^{q_v}}{T^m \cdot S^{y_v}} \cdot K_v, \quad (6.2)$$

де: $C_v = 7,0$; $q_v = 0,40$; $y_v = 0,7$; $m = 0,20$.

З урахуванням поправочного коефіцієнту на швидкість різання, маємо:

$$K_v = K_{mv1} \cdot K_{lv1} \cdot K_{uv1} \cdot K_{nv1}. \quad (6.3)$$

Знаходимо коефіцієнт, який буде враховувати властивість оброблюваних матеріалів:

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v}; \quad (6.4)$$

де $K_r = 1,2$; $n_v = 1,05$.

Тоді маємо значення коефіцієнту:

$$K_{mv} = 1,2 \cdot \left(\frac{750}{780}\right)^{1,05} = 1,15.$$

Знаходимо коефіцієнт, що враховує величину глибини різання – $K_{lv}=1,1$.

Знаходимо коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки втулки зубчастої – $K_{nv}=0,80$.

Знаходимо коефіцієнт, що враховує властивість інструментальних матеріалів – $K_{uv}=1,05$,

тоді

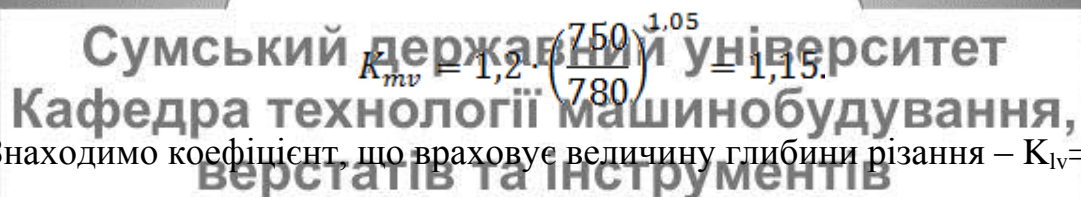
$$V_p = \frac{7,0 \cdot 12^{0,4}}{45^{0,2} \cdot 0,162^{0,7}} \cdot 1,05 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,0 = 26,4 \text{ м/хв.}$$

Визначимо величину частоти обертань шпинделю:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 26,4}{3,14 \cdot 12} = 700 \text{ об/хв.}$$

Наш верстат має безступінчатє регулювання частоти обертань шпинделю, тоді прийємо $n_p = n_d = 700$ об/хв. Тоді $V_p = V_d = 25,8$ м/хв.

Далі визначимо величину обертального моменту і потужність, що витрачена на процес різання.



Обертальний момент дорівнює:

$$M_{кр} = 10C_m \cdot D^{q_m} \cdot S^{y_m} \cdot K_p, \quad (6.5)$$

де: $C_m = 0,0345$; $q_m = 2,0$; $y_m = 0,8$; $K_p = 0,81$.

Визначимо величину потужності різання:

$$M_{крутн} = 10 \cdot 0,344 \cdot 10,5^2 \cdot 0,16^{0,8} \cdot 0,82 = 91,4 \text{ (Н*м)};$$

$$N_p = \frac{M_{кр} \cdot \omega_d}{9750} = \frac{92,5 \cdot 700}{9750} = 6,64 \text{ кВт.} \quad (6.6)$$

Це менше потужності двигуна верстата 8,5 кВт, тобто різання можливе.

Для інших поверхонь обробки вибираємо режими різання табличним методом, які заносимо до таблиці 6.8 «Режими різання операції 070 Свердлильної з ЧПК».

Таблиця 6.8 – Режими різання операції 070 Свердлильної з ЧПК

Перехід операції 070	Режими різання						
	i	t, мм	S, мм/об.	V, м/хв.	n, об/хв.	L, мм	T _o , Хв.
Центрування отворів Ø2,0мм	3	1,0	0,014	28	1500	5	0,15
Свердління отвору Ø8 мм	1	4,0	0,12	25	980	29	0,25
Зенкування отворів Ø20x90° мм	3	10	0,25	45	750	1,5	0,11
Нарізання різі в двох отворах M12x1,75 мм	2	0,6	0,15	26	180	10	0,34
Нарізання різі (один отвір) M8x1,75 мм	1	0,4	0,15	26	180	29	0,18
Разом	-	-	-	-	-	-	1,62

Згідно з завданням проаналізуємо операцію 045 токарну з ЧПК.

На 045 токарній операції з ЧПК режими різання для обточування поверхні $\varnothing 128$ розрахуємо аналітичним методом.

Діаметр заготовки 130 мм, довжина поверхні обробки 30,0 мм, заготовка – штампівка. Різець PDJNR 3232K15 з пластиною CCJCR 252512.

Знаходимо глибину різання $t=D-d/2=(130-128)/2=1,0$ (мм).

Обираємо величину періоду стійкості інструменту $T_c=44$ хв.

Знаходимо значення подачі для заготовки із сталі 40X при глибинах різання до 2 мм – $S_{T1}=0,6\dots 1,0$ мм/оберт. Тоді прийmemo $S_{T1}=0,80$ мм/об.

Далі розрахуємо величину швидкості різання при точінні:

$$v = \frac{C_v}{T_c^{m_t} x S^y} K_v, \quad (6.7)$$

де коефіцієнти $C_v=341$; $x=0,144$; $y=0,42$; $m=0,20$.

Знаходимо коефіцієнт:

$$K_v = K_{mv} K_{nv} K_{uv} K_{jv},$$
$$K_{mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_b} \right)^{n_v}, \quad (6.8)$$

де $K_{r2}=1,1$; $n_{v2}=1,0$; $K_{nv2}=0,80$; $K_{uv2}=0,63$; $K_{jv2}=0,95$.

Тоді маємо:

$$K_{mv} = 1 \cdot \left(\frac{750}{780} \right)^1 = 0,96.$$

$$K_{v2} = 0,95 \cdot 0,80 \cdot 0,63 \cdot 1,0 = 0,42$$

$$V_p = \frac{340}{40^{0,2} \cdot 1^{0,15} \cdot 0,8^{0,45}} \cdot 0,44 = 84,2 \text{ (м/хв.)}.$$

Знаходимо розрахункову частоту обертань шпинделю:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 83,1}{3,14 \cdot 138} = 192 \text{ (об/хв.)}.$$

Знайдені значення швидкості та частот обертання не корегуємо, оскільки у верстата безступінчатого регулювання обертів.

6.6 Технічні нормування двох операцій

Токарна з ЧПК операція 045.

Перехід – точіння поверхні $D=128$ мм на довжину $30(-0,52)$.

Знаходимо величину штучного часу. Операційний час складають із основного часу та допоміжного часу [3].

$$T_{\text{операц}} = T_{\text{основн}} + T_{\text{допом}}, \quad (6.9)$$

де $T_{\text{основн}}$ – основний час, який розрахуємо так:

Розраховуємо основний час:

$$T_o = \frac{L}{n \cdot S} \cdot i, \quad (6.10)$$

Довжина $L=30+1,5=31,5$ мм. Тоді маємо $T_{\text{основн}}$:

$$T_o = \frac{35}{192 \cdot 0,8} \cdot 1 = 0,22 \text{ хв.}$$

$T_{\text{допом}}$ – допоміжний час, знайдемо по формулам:

$$T_{\text{допом}} = T_{\text{устан}} + T_{\text{вимі}} + T_{\text{керуван}}, \quad (6.11)$$

$T_{\text{вимі}}$ – час вимірювання, маємо $T_{\text{вимі}} = 0,18$ хв. [9];

$T_{\text{устан}}$ – час на встановлення і зняття заготовки втулки зубчастої,

$T_{\text{устан}} = 0,09$ хв. [9];

$T_{\text{керуван}}$ – час керувань, $T_{\text{керуван}} = 0,03$ хв. [8];

Тоді маємо:

$T_{\text{допом}} = 0,09 + 0,03 + 0,18 = 0,30$ (хв.)

$T_{\text{операц}} = 0,22 + 0,30 = 0,52$ (хв.)

Далі знайдемо штучний час на переході точіння поверхні $D=128$:

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{опер}} \times \left(1 + \frac{(a_{\text{відноч}} + a_{\text{обсл}})}{100} \right), \text{ хв} \quad (6.12)$$

де $a_{\text{обсл}}$ і $a_{\text{відн}}$ - часи на обслуговування (організаційні, технічні) і на особисту потребу робочих, що наведені в відсотковому відношенні от $T_{\text{операц}}$ часу оперативного. Час дорівнює 8% от $T_{\text{операц}}$:

$$T_d = 2,95 * 0,08 = 0,236 \text{ (хв.)}$$

Розраховуємо штучний час [3, с. 27]:

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{дод}, \quad (6.15)$$

Тоді $T_{штуч} = 2,95 + 0,236 = 3,19$ (хвилин).

Знаходимо значення штучно-калькуляційного часу за формулою (6.13).

При цьому $T_{п-з}$ – підготовчо-заключний час,

$T_{п.з} = 10$ хвилин – значення підготовчо-заключного часу операції 070,

$n = 13$ шт – це кількість деталей в партії запуску. Маємо:

$$T_{шт-калк} = 3,19 + \left(\frac{10}{13} \right) = 3,20 \text{ (хв.)}$$



**Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів**

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ТМЗ 19320569-00 ПЗ

Лист

40

7 ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ ТОКАРНОЇ ОПЕРАЦІЇ

7.1 Обґрунтування вибору системи проектованого пристрою

Проектуємо верстатний спеціальний пристрій для операції точіння зовнішніх циліндричних поверхонь, торців та розточування отвору $\varnothing 75H7$. Згідно із завданням прийемо систему нерозбірних спеціальних пристроїв, тобто НСП.

7.2 Визначення результатів заданої технологічної операції

Точність розмірів оброблюваних поверхонь на операції.

У відповідності до технічних вимог з виготовлення втулки до поверхонь, які на кресленні задано вільними, допуски оберемо за IT14 ізгідно з ГОСТом 25345-83:

Допуск на довжину $l=52$ – $T_{52}=0,60$ мм, $ES=+0,30$ мм та $EI=-0,30$ мм.

Допуск до внутрішньої циліндричної поверхні $\varnothing 75H7$ – $T_{75}=0,060$ мм, $ES=+0,030$ мм та $EI=-0,030$ мм.

Допуск зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 145f9$ – $T_{150}=0,10$ мм, $ES=-0,0430$ мм та $EI=-0,1430$ мм.

Допуск на довжину $l=23$ – $T_{23}=0,40$ мм, $ES=+0,20$ мм та $EI=-0,20$ мм.

Допуск на довжину $l=115$ – $T_{115}=0,60$ мм, $ES=+0,30$ мм і $EI=-0,30$ мм.

Точність форми оброблюваних поверхонь

Кресленням не відзначено точність форми поверхонь втулки зубчастої, тому назначимо її у відповідності з нормальною А відносною геометричною точністю, що згідно з ГОСТ 24645-83 (60% допусків площинності та прямолінійності, від допуску на номінальний розмір). Тому маємо такі відхилення:

										Лист
										41
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Допуски площинності і прямолінійності, що складають 60% від допуску для розміру:

$L=115, l=52: T_{\omega}=0,6 \cdot 0,6=0,36$ мм, тоді приймаємо 350 мкм – 12 ступінь точності згідно із ГОСТом 24645-83;

$L=23, T_{\omega}=0,4 \cdot 0,6=0,24$ мм, тоді приймемо 250 мкм – 10 ступінь точності згідно із ГОСТом 24645-83.

Точність розташування поверхонь оброблюваних поверхонь

На кресленні втулки зубчастої задано допуск радіального биття поверхні $\varnothing 145f9$ відносно центрального отвору $\varnothing 75H7$ (бази А).

Величина допуску радіального биття $T_{\pi}=0,050$ мм. Це є стандартна величина, що відповідає 10 ступеню точності згідно із ГОСТом 24645-83.

Шорсткість оброблюваних поверхонь

Шорсткість всіх поверхонь втулки зубчастої складає $Ra=12,5$ мкм, окрім поверхні $\varnothing 75H7$ ($Ra=1,6$ мкм), та поверхні $\varnothing 145f9$ ($Ra=1,6$ мкм) відповідно.

7.3 З'ясування даних про заготовку втулки зубчастої, що надходить на задану технологічну операцію

Точність розмірів базових поверхонь

На кресленні до поверхні $\varnothing 125$ конструктором пред'явлена така точність – допуск $T=0,12$ мм, за 14 квалітетом.

Точність форми базових поверхонь

Для $\varnothing 125$ розглянемо допуск циліндричності та круглості, котрі складатимуть 30% від допуску на розмір, $T=0,12 \cdot 0,3=0,036$ мм, приймаємо 36 мкм – 10 ступінь точності згідно із ГОСТом 24645-83.

										Лист
										42
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Для розміру довжини 115 мм співпадають технологічна та вимірювальна бази, тому $E_{b_{115}}=0$ мм. Для розмірів 23 і 30 технологічна та вимірювальна бази не співпадають, тому:

$$E_{b_{23}} = T_{115} = 0,30 > T_{23} = 0,20 \text{ мм.}$$

$$E_{b_{30}} = T_{115} = 0,30 = T_{30} = 0,30 \text{ мм.}$$

Прийнята схема базування позбавлятиме деталь 5-ти степенів свободи та забезпечуватиме допустимі похибки на всі отримувані операційні розміри втулки зубчастої.

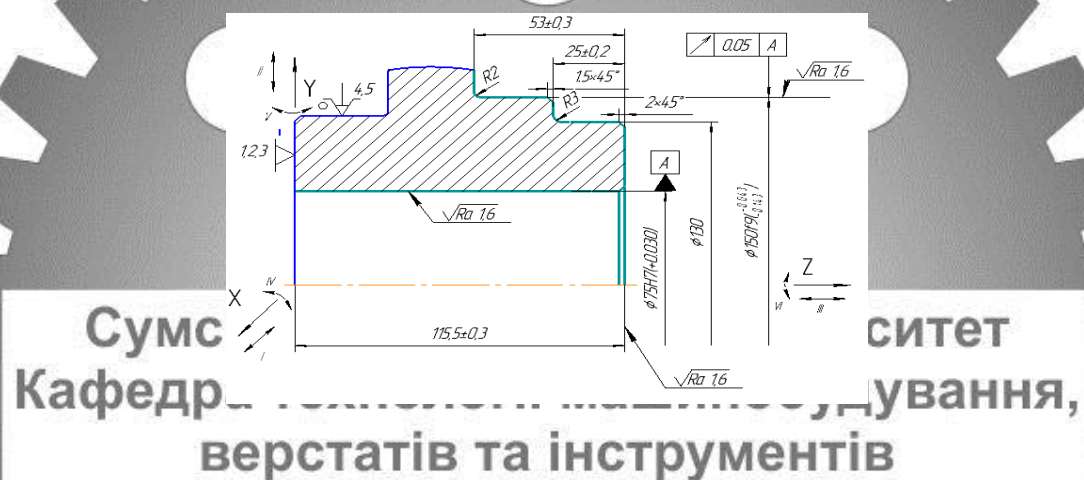


Рисунок 7.1 - Схема базування заготовки втулки зубчастої на операції 040

Розглянемо однобічні зв'язки, що виникають при базуванні втулки зубчастої.

Таблиця 7.1 – Однобічні зв'язки при базуванні втулки зубчастої

Індекс зв'язків	X'	X	Y'	Y	Z'	Z	ω_{x1}'	ω_x	ω_{y1}'	ω_y	ω_z	ω_{z1}'
Реакція	R		R	R	R	R			R	R	R	R

7.7 Побудова функціональної структури проектного пристрою

Запропоновану функціональну структуру спеціального пристрою показано на малюнку 7.2.

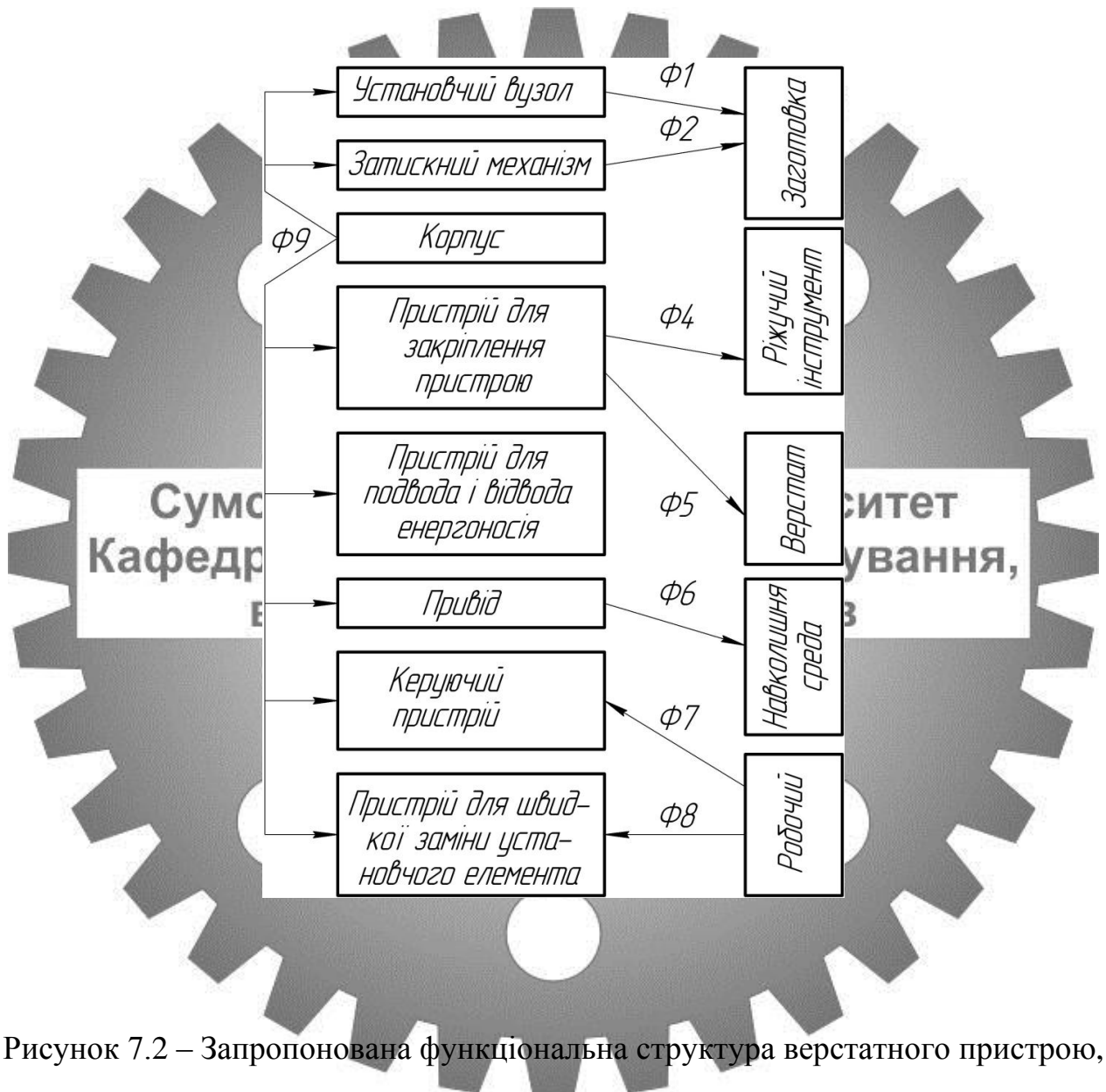


Рисунок 7.2 – Запропонована функціональна структура верстатного пристрою, що проектується

7.8 Обґрунтування схеми закріплення заготовки втулки зубчастої

Для визначення взаємних впливів полів збудовуючих сил та полів зрівноважувальних сил потрібно побудувати відповідні графічні моделі у взаємозв'язку із прийнятою схемою базування (дивись рис.

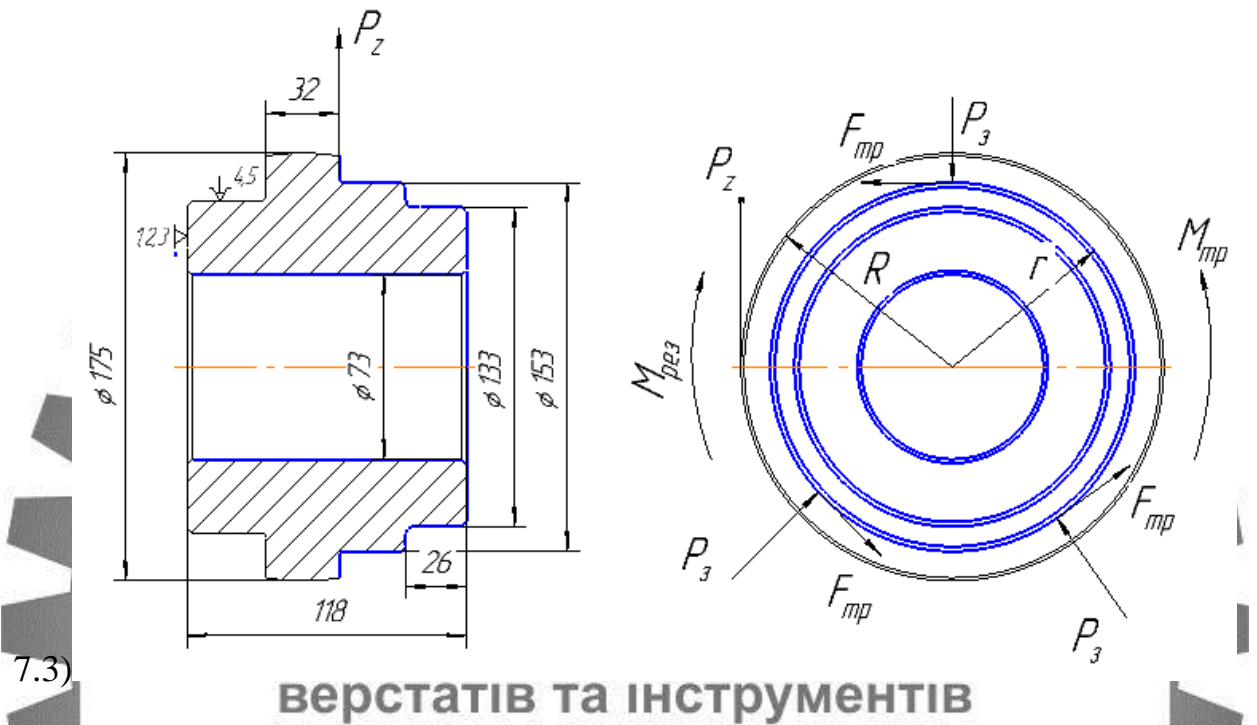


Рисунок 7.3 – Схема дії полів збудовуючих сил та полів зрівноважувальних сил

Визначаємо силу закріплення при умові непровертання при точінні втулки зубчастої. Розрахунки виконуємо для операції 040.

Умови обробки:

Матеріал заготовки - сталь 40Х за ГОСТ.

Діючими силами на втулку зубчасту є:

P_z - це сила різання; $F_{тр}$ – це сила тертя; $M_{терт}$ – це момент тертя; $M_{різан}$ – це момент різання;

Маємо формули для розрахунків сил затиснення заготовки:

$$M_{різан} * k_{зап} = M_{терт} \quad (7.2)$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

$$M_{\text{терт}} = F_{\text{терт}} * R_1; \quad (7.3)$$

$$M_{\text{різан}} = P_z * r_1; \quad (7.4)$$

$$F_{\text{терт}} = P_z * f_1; \quad (7.5)$$

Таблица 7.2 – Таблица однобічних зв'язків при закріпленні важеля

Індекс зв'язків		x	x'	y	y'	z	z'	ω _x	ω _y	ω' _x	ω' _y	ω' _z	ω _z
Спосіб реалізації	Реакція		R	R	R	R	R		R		R	R	R
	Сила закріплення	W				W							
	Сила тертя	F											

Тоді необхідну силу затиснення втулки зубчастої розрахуємо за формулою:

$$P_3 = \frac{P_z * r * k_{\text{зоп}}}{f * R}. \quad (7.6)$$

Режими різання на чорнову обробку визначимо з попередніх розрахунків.

Маємо, що головна складова сили різання дорівнює $P_z = 720 \text{ Н}$.

Визначимо коефіцієнт запаса за формулою:

$$K_{\text{запас}} = k_{03} * k_{13} * k_{23} * k_{33} * k_{43} * k_{53} * k_{63} \quad (7.7)$$

де:

k_{13} - коефіцієнт запаса, що враховує стан технологічної бази;

k_{03} - коефіцієнт запаса сил затиску, що враховує зношення інструментів;

k_{23} - коефіцієнт запаса, що враховує збільшення сил різань від затуплення інструмента;

k_{43} - коефіцієнт запаса, що враховує стабільність роботи приводу;

k_{33} - коефіцієнт запаса, що враховує вдарні навантаження на інструменти;

k_{63} - коефіцієнт запаса, що враховує наявність моменту повертаючого заготовку втулки зубчастої;

$D = 160 \text{ мм.}$

Таким чином величина сили закріплення буде дорівнювати:

$$W_{\bar{\sigma}} = \frac{3,14}{4} (160^2 - 22^2) * 0,4 * 0,9 = 7235 \text{ Н.}$$

7.9 Точнісний розрахунок проектованого пристрою

Розрахункові параметри, що в найбільшій мірі впливають на допуски при обробці втулки зубчастої – це взаємне розташування допоміжних і основних баз пристрою, що проектується. Маємо допуск розташування, що дорівнює 50 мкм.

Формула розрахункової похибки проектованого пристрою:

$$E_{np.} \leq T_l - K_T \sqrt{(K_{T1} \cdot E_{6,l})^2 + E_y^2 + E_{z2}^2 + E_{II}^2 + E_{IIe}^2 + (K_{T2} \cdot \omega_l)^2 + E_{noz,l}^2} \quad (7.9)$$

Тоді маємо:

$k_T = 1,2$ – коефіцієнт, враховує можливе відхилення поля розсіювання складових величин похибок від нормального закону розподілу;

$k_{T1} = 0,8$ – коефіцієнт, враховує можливе зменшення граничних значень похибок базувань;

$k_{T2} = 0,6$ – коефіцієнт, враховує можливу похибку оброблення в сумарній похибці, що спричинені факторами, які не залежать від пристрою;

E_6 – похибка базування втулки зубчастої, оскільки маємо патрон трикулачковий самоцентруючий, то прийmemo $E_6=0$;

E_z – похибка закріплення втулки зубчастої, прийmemo $E_z=0,03 \text{ мм}$;

E_y – похибка установлення пристрою на верстатах, оскільки патрон трикулачковий самоцентруючий, то прийmemo $E_y=0$;

E_{zn} – похибка, що пов'язана із зношенням установлювальних елементів пристрою. При рівномірному зносі поверхонь пристрою прийmemo $E_{zn}=0$;

$E_{пер}$ – похибка, що пов'язана із перекошенням різального інструмента при використанні напрямних втулок. Маємо $E_{пер}=0$;

										Лист
										50
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

13. Рахимьянов, Х. М. Технологическая оснастка: учеб. пособие / Х. М. Рахимьянов, Б. А. Красильников, Э. З. Мартынов, В. В. Янпольский. – М.: Изд-во Юрайт, 2017. – 265 с.
14. Метод. вказівки до практ. занять з курсу “Технологічна оснастка”/ Укл. П.В. Кушніров. – Суми: СумДУ, 2010. – Ч.1. – 52с.
15. Чумаков Г.С. Технологическая оснастка: Уч. пособ.– Сумы: СумГУ, 2002. – 217 с.
16. Метод. вказівки до кваліфікаційної роботи бакалаврів для студ. спец. 6.05050201 «Технології машинобудування» / укл. В.Г.Євтухов. – Суми: Сумський держ. ун-т, 2017. – 45 с.
17. Design of Jigs, Fixtures and Press Tools / Elanchezhian C. Et.Al. – Chennai: ESWAR PRESS, 2007. – 451 p.
18. Худобин Л.В. Курс. проектирование по технологии маш-ния. – Москва: Маше, 1991. – 285с.
19. Гевко Б. М., Матвійчук А. В., Дичковський М. Г. Технологічна оснастка. – К.: Кондор, 2009. – 220 с.

