

ЗАТВЕРДЖЕНО  
Наказ Міністерства освіти і науки,  
молоді та спорту України  
29 березня 2012 року № 384

Форма № Н-9.02

**Державний вищий навчальний заклад  
«Сумський державний університет»**

*Факультет технічних систем та енергоефективних технологій*  
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

---

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

---

**Пояснювальна записка**

до кваліфікаційної (роботи)

*перший (бакалаврський)*  
(освітній рівень)

---

на тему *Проектування технологічного процесу виготовлення вала  
зубчастого колеса WS2.SO-0032.05.08*

---

Виконав: студент IV курсу, групи ТМ-61-8  
напряму підготовки (спеціальності)

*131 Прикладна механіка*

---

*(Технології машинобудування)*

---

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

*Провозін В. А.*

---

(прізвище та ініціали)

Керівник

*Кушніров П. В.*

---

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(прізвище та ініціали)

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
Сумський державний університет  
Кафедра «Технологія машинобудування, верстати та інструменти»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ В.О. Залога

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 р.

**ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ  
ВАЛА ЗУБЧАСТОГО КОЛЕСА WS2.SO-0032.05.08**

Бакалаврська кваліфікаційна робота  
Спеціальність – 131 Прикладна механіка  
(Технології машинобудування)

Студент

*В. А. Провозін*

Керівник

*П. В. Кушніров*

Нормоконтроль

*Ю. О. Денисенко*

Суми – 2020

**ЗАТВЕРДЖЕНО**

Наказ Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України

29 березня 2012 року № 384

**Форма № Н-9.01**

**Державний вищий навчальний заклад  
«Сумський державний університет»**

Інститут, факультет технічних систем та енергоефективних технологій  
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів  
Освітній рівень перший (бакалаврський)  
Напрямок підготовки \_\_\_\_\_  
(шифр і назва)  
Спеціальність 131 Прикладна механіка (Технології машинобудування)  
(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри технології машинобудування, верстатів та інструментів

\_\_\_\_\_ Залога В. О.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 року

**ЗАВДАННЯ  
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА**

Провозін Влад Анатолійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Проектування технологічного процесу виготовлення вала зубчастого колеса WS2.SO-0032.05.08

керівник проекту Кушніров Павло Васильович, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від « 09 » квітня 2020 року № 0523-III

2. Строк подання студентом проекту (роботи) « 10 » червня 2020 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) \_\_\_\_\_  
креслення деталі – «Вал зубчастого колеса WS2.SO-0032.05.08»  
річний обсяг випуску деталей – 5000 шт.

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 його організації

4.4 Аналіз технологічності конструкції деталі

4.5 Вибір способу отримання заготовки, розробка технічних вимог на заготовку

4.6 Аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення деталі

4.7 Проектування верстатного пристрою

4.8 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

## 5. Консультанти розділів проекту (роботи)

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

6. Дата видачі завдання « 20 » 01 2020 року

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Технологічна частина	30.04.2020	
2	Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	06.05.2020	
3	Оформлення пояснювальної записки	13.05.2020	
4	Оформлення комплекту технологічної документації	17.05.2020	
5	Оформлення креслень	24.05.2020	

Студент

\_\_\_\_\_  
(підпис)*В. А. Провозін*  
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

\_\_\_\_\_  
(підпис)*П. В. Кушніров*  
(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра: 71 с., 13 рис., 18 табл., 18 джерел.

Об'єкт розробки – деталь «Вал зубчастого колеса WS2.SO-0032.05.08», що входить до складу лінії для фарбування та друку «Offset SO».

В кваліфікаційній роботі бакалавра проаналізовано службове призначення виробу (лінії для фарбування та друку «Offset SO») і деталі, технічні вимоги та якісні показники технологічності конструкції деталі. Обгрунтовано вибір способу отримання вихідної заготовки (штампування на ГKM), розраховано припуски на механічну обробку діаметрального розміру  $\varnothing 22h6$ .

Для операцій 025 (токарна з ЧПК) і 035 (багатоцільова з ЧПК) проведено аналіз та обгрунтування схеми базування оброблюваної заготовки; обгрунтовано вибір металорізального обладнання, пристроїв, різального та вимірювального інструментів; також проведено розрахунок режимів різання і нормування двох операцій.

Оформлено карти технологічного процесу обробки деталі «Вал зубчастого колеса WS2.SO-0032.05.08».

ВАЛ ЗУБЧАСТОГО КОЛЕСА WS2.SO-0032.05.08, АНАЛІЗ,  
ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ЗАГОТОВКА, ДОПУСК,  
ТЕХНОЛОГІЧНІСТЬ, ПРИПУСК, ПРИСТРІЙ, РЕЖИМИ РІЗАННЯ,  
НОРМУВАННЯ, ОХОРОНА ПРАЦІ

## ЗМІСТ

Вступ .....		7
1	Аналіз службового призначення машини «Offset SO», вузла, деталі. Опис конструктивних особливостей деталі та умов її експлуатації .....	8
2	Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі .....	10
3	Визначення типу виробництва та форми його організації .....	12
4	Аналіз технологічності конструкції деталі .....	16
5	Вибір способу одержання заготовки та розроблення технічних вимог до неї .....	19
6	Аналіз існуючого чи типового технологічного процесу	26
	6.1 Розрахунок припусків на механічну обробку .....	26
	6.2 Аналіз та обґрунтування схем базування і закріплення заготовки .....	28
	6.3 Обґрунтування вибору металорізальних верстатів .....	31
	6.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів .....	33
	6.5 Розрахунки режимів різання .....	35
	6.6 Технічне нормування операцій .....	38
7	Проектування верстатного пристрою .....	43
	7.1 Обґрунтування вибору системи пристрою .....	43
	7.2 Визначення кількісних і якісних результатів виконання операції .....	43
	7.3 З'ясування кількісних та якісних даних про заготовку, що надходить на операцію.....	45

						ТМ 18510233-00 ПЗ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Провозін			Проектування технологічного процесу виготовлення вала зубчастого колеса WS2.SO-0032.05.08	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Кушніров					5	71
Реценз.						СумДУ, гр.ТМ-61-8		
Н. Контр.		Денисенко						
Утв.		Залога						



## ВСТУП

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 комплексів механічної обробки різанням особливого значення набувають верстати з ЧПК. Застосування верстатів з ЧПК замість універсального устаткування мають істотні особливості, і створює певні переваги:

- продуктивність верстата підвищується в 1.5 - 5 разів в порівнянні з аналогічними верстатами, але з ручним управлінням;
- поєднується гнучкість універсального устаткування з точністю і продуктивністю верстата-автомата, що і дозволяє вирішувати питання комплексної автоматизації одиничного і серійного виробництва;
- якісно переозброюється машинобудування на базі сучасної електроніки і обчислювальної техніки;
- знижується потреба в кваліфікованих робітниках, кадрах, а підготовка виробництва переноситься в сферу інженерної праці;
- скорочується час подгоночних робіт в процесі складання, оскільки деталі, виготовлені за однією програмою, є взаємозамінними;
- скорочуються терміни підготовки і переходу на виготовлення нових деталей, завдяки централізованому запису програм і простішому універсальному технологічному оснащенню;
- знижується тривалість циклу виготовлення деталей і зменшується запас незавершеного виробництва.

Деталь «Вал зубчастого колеса» використовується в станку «Offset» та слугує для передачі обертання від карданного валу до зубчастого зачеплення між зубчастим колесом і двома шестернями меншого діаметру які знаходяться на шпинделях.

										Лист
										7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						





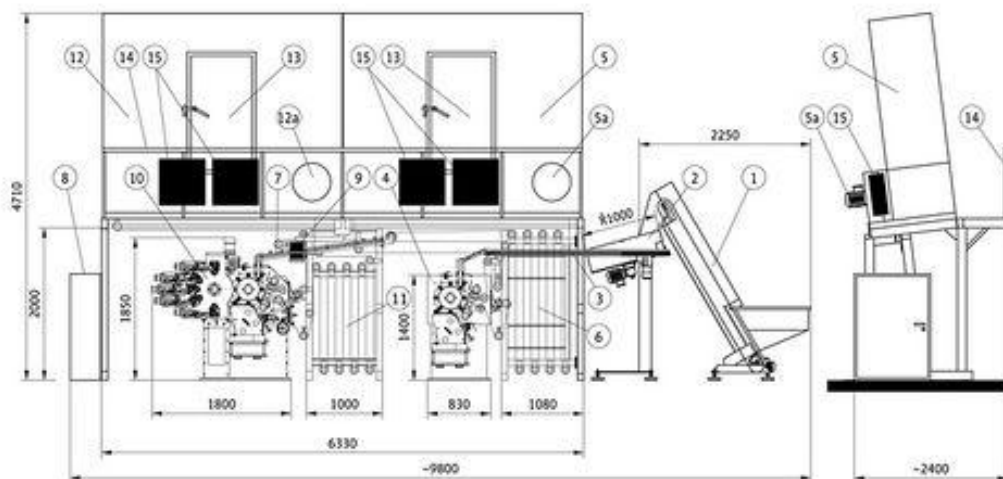


Рисунок 1.1 – Лінія для фарбування та друку «Offset SO»

Схема лінії для фарбування та друку «Offset SO» (рисунок 1.1):

1. Ківш для бункера.
2. Бункер.
3. Транспортёр бункера.
4. Бічний покриття LB-SERV-7.5.
5. Піч з вентилятором печі лаку.
6. Охолоджувач лаку.
7. Подача направляючої від лаку до принтера.
8. Шафа харчування та управління зміщеною лінією.
9. Панель управління зміщеною лінією.
10. Бічний принтер DB-SERV-7.5.
11. Охолоджувач принтера.
12. Піч для грубки.
- 12а. Принтер пічного вентилятора.
13. Фарборозпилювач насоса.
14. Принтер вакуумного насоса.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ТМ 18510233-00 ПЗ

Лист

9

## 2 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ НА ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

В цілому оформлення креслення Вал зубчастого колеса відповідає загальноприйнятим стандартам. На кресленні зображений один поздовжній вид деталі, що є цілком достатнім для тіл обертання. Додатково на кресленні вказано один переріз і один виносний елемент, виконаних за вимогами застарілих стандартів (ГОСТ).

Розстановка розмірів, їх допусків, точності форми і взаємного розташування поверхонь, шорсткості – вірна, і дає повне уявлення про конфігурацію розглянутої деталі.

Деталь являє собою тіло обертання з відношенням  $l/d=240/98=2.448$ . Деталь «Вал зубчастого колеса» використовується в станку «Offset» та слугує для передачі обертання від карданного валу до зубчастого зачеплення між зубчастим колесом і двома шестернями меншого діаметру які знаходяться на шпинделях.

Найбільш точні поверхні деталі зовнішні циліндри  $d22h6(0/-0.013)$ ,  $d60h6(0/-0.013)$ ,  $d30k6(+0,015/+0,002)$   $d25h6(0/-0.01)$ .

Найбільш висока якість проставлена до поверхні циліндрів  $d22 (Ra0,8)$ ,  $d60(Ra 0,8)$ ,  $d30(Ra 0,8)$ ,  $d25(Ra 0,8)$ .

Отже, деталь Вал зубчастого колеса відноситься до типу деталей – вали. Цей вал цілісний, ступінчастий, жорсткий.

Деталь «Вал зубчастого колеса WS2.SO-0032.05.08» представлена на рисунку 2.1.

Поверхні деталі:

-  $\varnothing22h6$  та  $\varnothing25h6$  в підшипниках - це основні конструкторські бази, подвійна напрямна база.

- лівий торець  $\varnothing60h6$ - це основна конструкторська база, опорна база.

Допоміжні конструкторські бази:

- поверхні шпонкових пазів  $6N9$  та  $8N9$ ;

										Лист
										10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ТМ 18510233-00 ПЗ



Найбільш точні поверхні деталі зовнішні циліндри d22h6(0/ -0.013), d60h6(0/-0.013), d30k6(+0,015/+0,002) d25h6(0/-0.01)

Найбільш висока якість проставлена до поверхні циліндрів d22 (Ra0,8), d60(Ra 0,8), d30(Ra 0,8), d25(Ra 0,8), дана вимога досягається шліфуванням на круглошліфувальному верстаті.

### 3 ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА ТА ФОРМИ ЙОГО ОРГАНІЗАЦІЇ

Тип виробництва – це комплексна характеристика технологічних, організаційних та економічних особливостей машинобудівного виробництва, обумовлена його спеціалізацією, обсягом і сталістю номенклатури виробів, а також формою руху виробів по робочих місцях.

За ГОСТ 3.1108-74 тип виробництва характеризується коефіцієнтом закріплення операцій  $K_{з.о}$ , що показує відношення всіх різних технологічних операцій, виконуваних протягом місяця, до числа робочих місць.

Вихідними даними до розрахунку є:

- річна програма випуску 5000 шт.;
- режим роботи підприємства - 2 зміни;
- дійсний річний фонд часу - 4015 ч.

Зазначені вихідні дані та результати розрахунку зводимо в таблицю 3.1. Використаємо наступний порядок розрахунку:

знаючи штучний час, витрачений на операцію, визначаємо розрахункову кількість верстатів по формулі [2, с.20]:

$$m_p = \frac{N \cdot T_{um.}}{60 \cdot \Phi_d \cdot \eta_{зн.ср.}}, \quad (3.1)$$

де  $\Phi_d$  - дійсний річний фонд часу, годин,

N - річна програма, шт.,

T<sub>шт.</sub> - штучний час, хв.,

$\eta_{зн.ср.} = 0,8$  - усереднений нормативний коефіцієнт завантаження устаткування.

Таблиця 3.1 – Розрахунок типу виробництва

Номер та найменування операції	T <sub>шт.</sub> , хв	m <sub>p</sub>	p	$\eta_{зф}$	O
020 Токарна з ЧПК	6.35	0.03965	1	0.03965	21
025 Токарна з ЧПК	5.70	0.06019	1	0.06019	15
035 Багатоцільова з ЧПК	33.24	0.04273	1	0.04273	34
040 Свердлильна	15.43	0.05826	1	0.05826	8
050 Круглошліфувальна	12.30	0.04781	1	0.04781	12
Загальна сума: $\Sigma$	73.02		5		90

Приймається число робочих місць p шляхом округлення отриманого значення m<sub>p</sub> до найближчого цілого числа.

Визначаємо фактичний коефіцієнт завантаження робочого місця [2, с.20]:

$$\eta_{зф} = \frac{m_p}{p} \quad (3.2)$$

Визначаємо кількість операцій, виконаних на одному робочому місці:

$$O = \frac{\eta_{зн.ср.}}{\eta_{зф}} \quad (3.3)$$

Коефіцієнт закріплення операцій [2, с.21]:

$$K_{зо} = \frac{\sum O}{\sum p} \quad (3.4)$$

Маємо:

$$K_{зо} = 90/5 = 18$$

Оскільки  $20 < K_{зо} = 18$ , то відповідно до ГОСТ 14.004-83 и ГОСТ 3.1108-74 маємо - середньосерійний тип виробництва.

Виходячи з річної програми випуску  $N = 5000$  шт. і маси деталі понад 2.99 кг визначається тип виробництва табличним методом, в якому виготовляється деталь – середньосерійний тип виробництва – за [2 с. 24, таблиця 3.1].

Визначимо кількість деталей в партії для одночасного запуску у виробництво за формулою:

$$n = \frac{N \cdot a}{254} \quad (3.5)$$

де  $N$  – річна програма, шт.;

$a$  – періодичність запуску в днях (рекомендовано періодичність 3,6,12, 24 дні).

Вибираємо 6 днів.

$$n = \frac{5000 \cdot 6}{254} = 118.11 \approx 119 \text{ шт}$$

Середньосерійний тип виробництва характеризується обмеженою номенклатурою продукції, що випускається, при цьому вироби кожного найменування випускаються певними партіями, що повторюються через певні відрізки часу. Серійне виробництво займає проміжне положення між одиничним і масовим виробництвом. При серійному виробництві деталі виготовляються партіями, що складаються з однойменних, однотипних за конструкцією і однакових за розмірами виробів, що запускаються у виробництві одночасно. Основним принципом цього виду виробництва є виготовлення всієї партії (серії) цілком як в обробці деталей, так і в складанні.


Середньосерійне виробництво характеризується тим, що за кожним робочим місцем закріплено від 11 до 20 операцій. Характерно широке використання верстатів з ЧПК, пов'язаних транспортними пристроями і керовані засобами ЕОМ. Середньосерійне виробництво є найбільш поширеним типом виробництва. На машинобудівних підприємствах середньосерійного типу виробництва виготовляється досить велика номенклатура виробів, хоча й більш обмежена ніж в одиничному виробництві. Частина виробів є спорідненими конструктивно-технологічними ознаками.





оснащеності виробництва. Ріжучий інструмент: в основному стандартний, рідше – спеціальний.

Вимірювальний інструмент: в основному спеціальний, рідше – стандартний. Технічне нормування робіт ведеться за допомогою розрахунку. Технологічна документація детально розробляється для найбільш складних і відповідальних заготовок при одночасному застосуванні спрощеної документації для простих заготовок. Для них використовується гарячий і холодний прокат, лиття, поковки і штампування. Необхідна точність досягається методами автоматичного отримання розмірів, рідше – методом пробних ходів і замірів.



Сумський державний університет  
**4 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІ ДЕТАЛІ**  
Кафедра технології машинобудування,  
верстатів та інструментів

Розглянемо якісні критерії оцінки технологічності.

Деталь «Вал зубчастого колеса» являє собою тіло обертання з відношенням  $l/d=240/98=2.448$ . Деталь використовується у виробі «Offset» та слугує для передачі обертання від карданного валу до зубчастого зачеплення між зубчастим колесом і двома шестернями меншого діаметру які знаходяться на шпинделях.

Виходячи з службового призначення, а також умов роботи виробу і деталі, можна зробити висновок, що спрощення конструкції деталі неможливо. Зважаючи на наявність динамічних навантажень на поверхнях деталі, виготовленої зі сталі, в процесі її роботи і з метою збереження її жорсткості недоцільна заміна конструкції на збірну, армовану або зварену. Більшість поверхонь деталі є відкритими і доступними для обробки.

Технологічна та конструкція, обробка якої можлива при максимальній продуктивності праці та мінімальній собівартості.

З точки зору базування і закріплення деталей є досить технологічною оскільки є можливість закріплення цієї деталі в стандартні елементи верстатних пристроїв:

- а) центра: обертовий та жорсткий, рух передається за допомогою повідкового патрону;
- б) закріплення в трьохкулачковому патроні з підпиранням обертовим центром;
- в) закріплення у призмах.

Всі ці елементи є стандартизованими і не потребують додаткових витрат та конструювання елементів пристроїв, які є спеціальними та унікальними. Це робить деталь технологічною.

Матеріалом деталі є сталь 45, механічні властивості якої наведені в таблиці 4.1. Це конструкційна якісна сталь з вмістом вуглецю 0,45 %. Замінники сталі: 40Х, 50, 50Г2.

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

Таблиця 4.1 – Хімічний склад сталі 45

Хімічний елемент	%
Кремній (Si)	0.17-0.37
Мідь (Cu), не більше	0.25
Мишьяк (As), не більше	0.08
Марганець (Mn)	0.50-0.80
Нікель (Ni), не більше	0.25
Фосфор (P), не більше	0.035
Хром (Cr), не більше	0.25
Сірка (S), не більше	0.04







Для визначення ступеня складності необхідно визначити відношення маси  $G_{\Pi}$  поковки до маси  $G_{\Phi}$  геометричної фігури.

Маса геометричної фігури (циліндра) визначається за формулою:

$$G_{\Phi} = \rho \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot H, \quad (5.2)$$

де  $D$  - діаметр циліндра (найбільший діаметр деталі),  $D = 0,098$  м;

$H$  - висота циліндра (довжина деталі),  $H = 0,24$  м.

$$D = 98 \cdot 1,05 = 102,9 \text{ мм.}$$

$$H = 240 \cdot 1,05 = 252 \text{ мм.}$$

$$G_{\Phi} = 7850 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,147^2}{4} \cdot 0,651 = 86,68 \text{ кг.}$$

Сумський державний університет  
Кафедра технології машинобудування,  
Інститут інструментів

Тоді відношення фігур  $G_{\Pi}/G_{\Phi} = 59,89/86,68 = 0,69$

Ступінь складності  $S$  [4, с. 30, додаток 2].

Вихідний індекс – 9 [4, с. 10, таблиця 2].

Конфігурація поверхні рознімання штампа – П (плоска) [4, с. 8, таблиця 1].

Знаючи вихідний індекс, розміри поверхонь і параметр шорсткості  $R_a$ , який необхідно досягти після механічної обробки, визначаються основні припуски на механічну обробку [4, с. 12, таблиця 3], допуски і допустимі відхилення лінійних розмірів [4, с. 17, таблиця 8] та допустимі припуски [4, с. 20, таблиці 9, 10, 11, 12, 13].

Основні припуски на сторону

1,4 мм - діаметр  $d_{22}$  мм і частота поверхні -0,8

1,5 мм - діаметр  $d_{60}$  мм і частота поверхні -0,8

1,4 мм - діаметр  $d_{98}$  мм і чистота поверхні -6,3

1,4 мм - діаметр  $d_{48}$  мм і чистота поверхні -6,3

1,4 мм- діаметр d30 мм і чистота поверхні -0,8

1,6 мм - довжина L240 мм і чистота поверхні- 6,3

1,3 мм - довжина L32 мм і чистота поверхні-6,3

1,5 мм - довжина L119 мм і чистота поверхні-6,3

1,3 мм - довжина L13 мм і чистота поверхні-6,3

1,4 мм - довжина L65 мм і чистота поверхні-6,3

Додаткові припуски ураховуючи зміщення поковки по поверхні роз'єму штампу:

1,5 мм – діаметр d22 мм

1,5 мм – діаметр d60 мм

1,5 мм – діаметр d98 мм

1,5 мм – діаметр d48 мм

1,5 мм – діаметр d30 мм

Відхилення від прямолінійності:

1,5 мм – довжина L240 мм

1,5 мм – довжина L32 мм

1,5 мм – довжина L119 мм

1,5 мм – довжина L13 мм

1,5 мм – довжина L65 мм

Розміри поковки :

діаметр  $d22+(1,4+1,5)*2=27,8$  обираємо 28 мм

діаметр  $d60+(1,5+1,5)*2=66$  мм

діаметр  $d98+(1,4+1,5)*2=103,8$  обираємо 104 мм

діаметр  $d48+(1,4+1,5)*2=53,8$  обираємо 54 мм

діаметр  $d30+(1,4+1,5)*2=35,8$  обираємо 36 мм

довжина  $L240+(1,6+1,5)*2=246,2$  обираємо 246 мм

довжина  $L32+(1,3+1,5)-(1,6+1,5)=31,8$  обираємо 32 мм

довжина  $L119+(1,5+1,5)-(1,3+1,5)=122$  мм

довжина  $L13+(1,3+1,5)*2=18,6$  обираємо 19 мм

Сумський державний університет  
Кафедра технології машинобудування,  
верстатів та інструментів

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ТМ 18510233-00 ПЗ

Лист

22





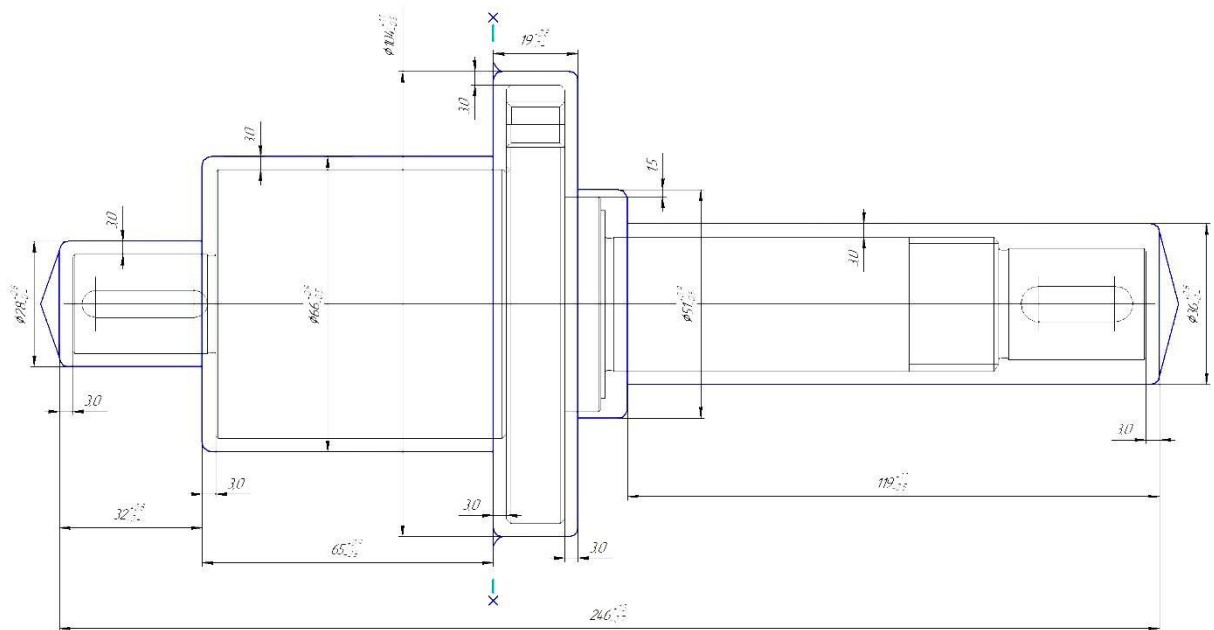


Рисунок 5.1 – Рисунок заготовки  
**Сумський державний університет**  
**Кафедра технології машинобудування,**  
**Проводимо розрахунки собівартості заготовок**

Собівартість заготовки визначається за формулою [2, с. 37]:

$$S_{\text{заг}} = S_i / 1000 \cdot Q - (Q - q) S_{\text{відх}} / 1000 \quad (5.3)$$

де:  $S_i = 12000$  грн – вартість тони прокату зі сталі 45;

$S_i = 18000$  грн – вартість тони штамповки зі сталі 45;

$Q_{\text{пр}} = 9,14$  кг – маса заготовки з прокату;

$Q_{\text{пок}} = 4,186$  кг – маса поковки штампованої;

$q = 2,99$  кг – маса готової деталі;

$S_{\text{відх}} = 5000$  грн – ціна 1 тони відходів;

$$S_{\text{пр}} = (12000 / 1000 \cdot 9,14) - (9,14 - 2,99) \cdot 5000 / 1000 = 78,93 \text{ (грн.)}$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

$$S_{шт}=(18000/1000 \cdot 4,186)-(4,186-2,99) \cdot 5000/1000=69,37 \text{ (грн.)}$$

Після приведених вище розрахунків доцільно порівняти річну економію одного способу виготовлення заготовки порівняно з другим. Розрахунок ведеться за формулою, [2, с. 39]:

$$E_z = (S_{пр} - S_{пок}) N_{р/чн} \quad (5.6)$$

Тоді маємо:

$$E_z = (78,93 - 69,37) 5000 = 47800 \text{ (грн.)}$$

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

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ТМ 18510233-00 ПЗ

Лист

25

## 6 АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО ЧИ ТИПОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

### 6.1 Розрахунок припусків на механічну обробку

Виконаємо розрахунок припусків та знайдемо розміри на обробку циліндричної поверхні  $\varnothing 22h6$  мм по принципу професора Кована В.М.

Розрахунок проведений на ЕОМ та показаний в додатку А.

Розрахункова формула для знаходження припуску зовнішньої циліндричної поверхні має вигляд:

$$2z_{\min} = 2(R_{z-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \quad (6.1)$$

де  $R_{z-1}$  – 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:

$$\rho_{заг} = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{см}^2}; \quad (6.2)$$

де,  $\rho_{см} = 1,0$  мм – похибка заготовки пов'язана зі зміщенням осі;

$\rho_{кор}$  – похибка короблення заготовки;

$$\rho_{заг} = \sqrt{0,096^2 + 0,7^2} = 1,345 \text{ мм}$$

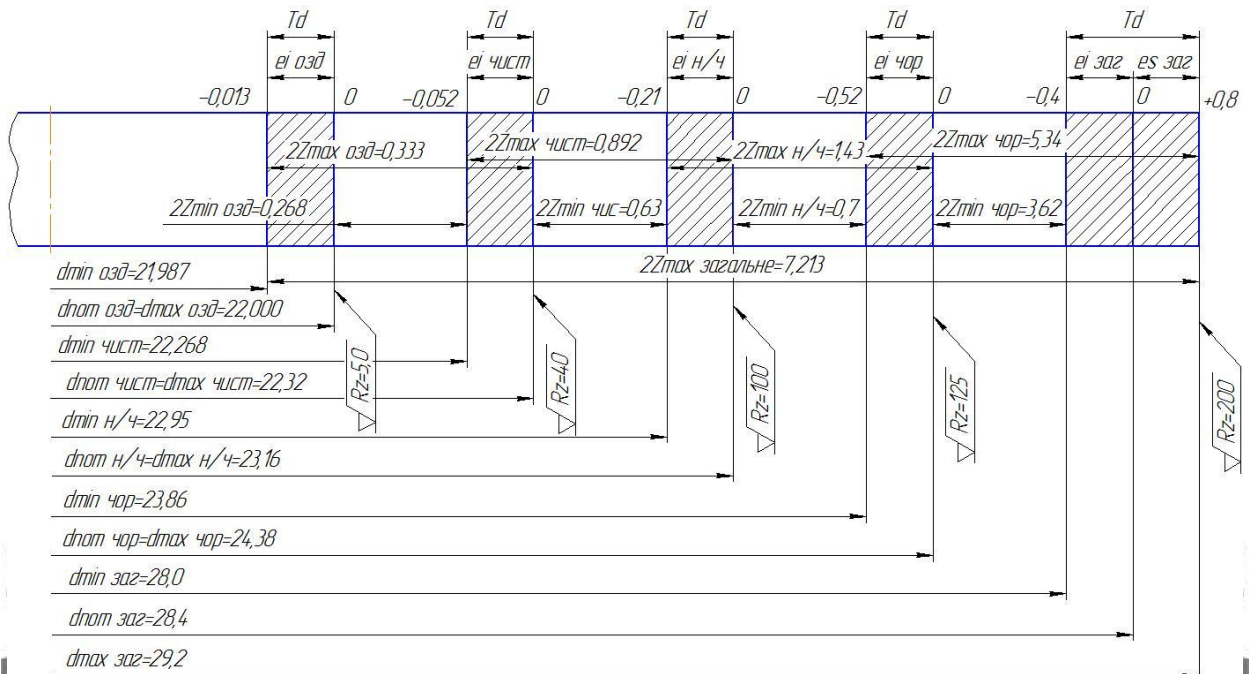
$\rho_{i-1}$  знаходиться в відсотковому відношенні від  $\rho_{заг}$  тоді  $\rho_{черн} = \rho_{заг} k_y$ , де  $k_y = 0,02 - 0,06$ , в залежності від переходу. Знайдемо для кожного з переходів:

$$\rho_{чер} = 1345 \cdot 0,06 = 81 \text{ мкм.}$$

$$\rho_{\text{чист}} = 1345 \cdot 0,05 = 67 \text{ мкм.}$$

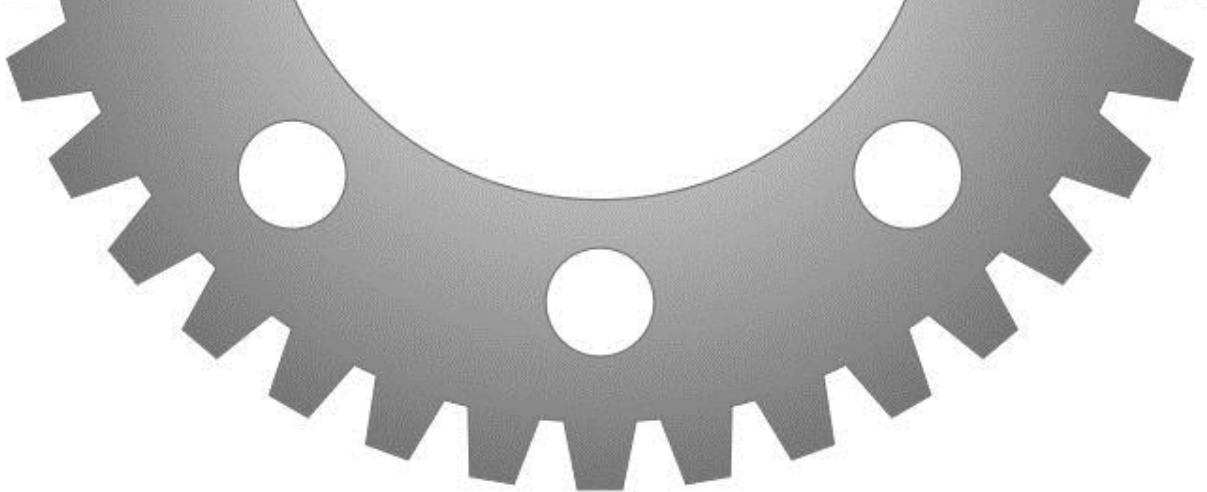
$$\rho_{\text{шліф}} = 1345 \cdot 0,04 = 54 \text{ мкм.}$$

Результати розрахунку приведені у додатку А.



Кафедра технології машинобудування,  
верстатів та інструментів

Рисунок 6.1 – Схема розташування допусків та припусків на розмір d22h6



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ТМ 18510233-00 ПЗ

Лист

27

## 6.2 Аналіз та обґрунтування схем базування і закріплення заготовки

Для розгляду цього питання в якості технологічної операції була прийнята операція – 025 «Токарна з ЧПК» технологічного процесу. На даній операції обробляються поверхні, виділені на рисунку 6.2.

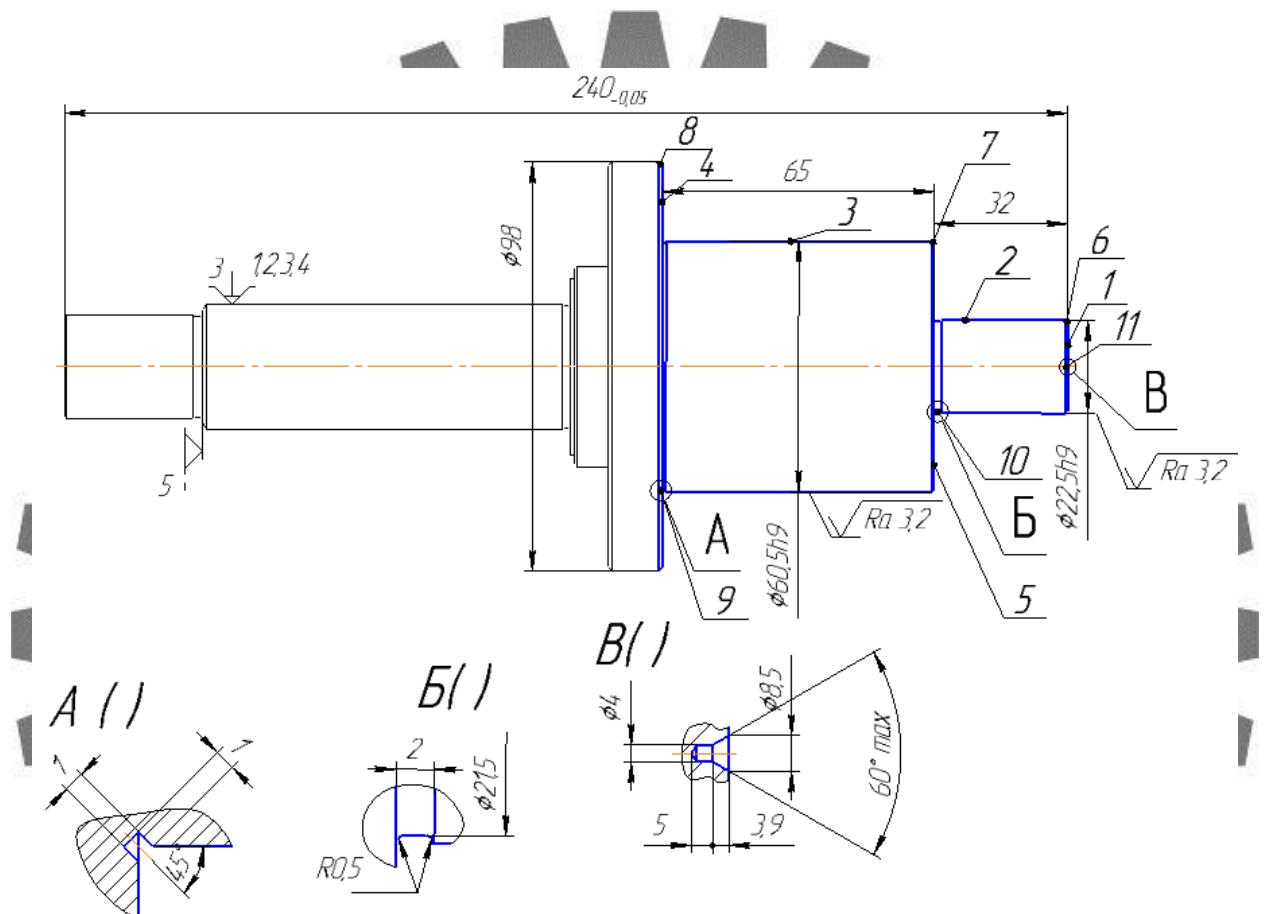


Рисунок 6.2 – Операційний ескіз (операція 025)

Проаналізувавши поверхні, обирається спосіб базування в трьохкулачковий патрон з упором в торець. Зазначені поверхні є доступними, не заважають доступу ріжучого інструменту до оброблюваних поверхонь, забезпечують обробку деталі на інших операціях без зміни баз (принцип постійності баз).

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ТМ 18510233-00 ПЗ

Лист

28



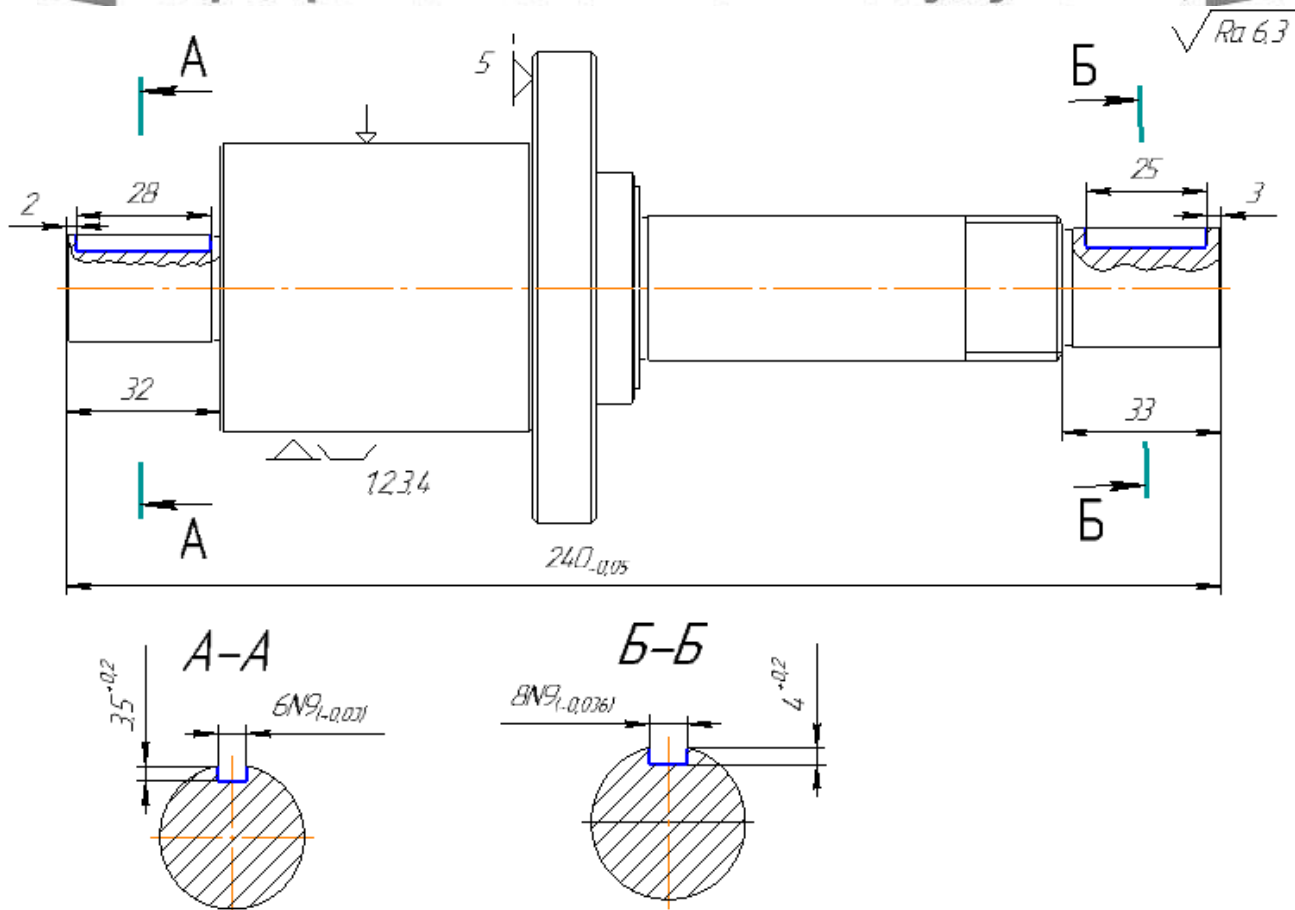
Таблиця 6.1 – Таблиця відповідності

№	Степені вільності	Найменування баз
1, 2, 3, 4	I, III, IV, VI	ПНБ
5	II	ОБ
6	V	

Таблиця 6.2 – Матриця зв'язків

	X	Y	Z	Найменування баз
1	1	1	0	ПНБ
$\alpha$	1	1	0	
1	0	0	1	ОБ
$\alpha$	0	0	0	
1	0	0	0	
$\alpha$	0	0	0	
$\Sigma$	2	2	1	5 ступенів

Наступною операцією було прийнято 035 «Багатоцільова з ЧПК» на якій обробляються пази виділені на рисунку 6.4.



## Рисунок 6.4 – Схема базування деталі на багатоцільовій операції зЧПК.

Як зазначено вище, на всіх операціях виконується принцип сумісності баз.

Отже, для зменшення відсотку плагіату вважаю доцільним не застосовувати таблиці відповідності та матриці зв'язків повторно(див. таблиці 6.1 - 6.2).

### 6.3 Обґрунтування вибору металорізальних верстатів

Для виконання операції 025 «Токарна з ЧПК» вибираємо токарний верстат з ЧПК мод. 16A20Ф3. Система ЧПК: «WL4T». При виборі даного обладнання з огляду на технологічні методи обробки поверхонь на даній операції (на операції проводиться точіння зовнішніх поверхонь і точіння канавок) прийшли до висновку, що даний верстат цілком придатний для здійснення заданої операції. Технічна характеристика верстата приведена в таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 – Технічна характеристика верстата мод. 16A20Ф3

Характеристика	Величина
Найбільший діаметр встановлюваного виробу над станиною, мм	500
Найбільший діаметр оброблюваного виробу над супортом, мм	200
Найбільша довжина встановлюваного виробу в центрах, мм	1000
Діаметр циліндричного отвору в шпинделі, мм	55
Максимальна оброблювана довжина, мм	750
Поперечні переміщення, мм	210
Поздовжні переміщення, мм	905
Клас точності	П
Максимальна швидкість робочої поздовжньої подачі, мм/хв	2000
Максимальна швидкість робочої поперечної подачі, мм/хв	1000
Діапазон частот обертання шпинделя, об/хв	20...2500
Кількість позицій інструментальної головки	6
Точність позиціонування, мм	0,01
Потужність електродвигуна головного приводу, кВт	11
Загальна потужність, кВт	21,4
Маса, кг	4000
Габаритні розміри, мм	3700x2260x1650

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ТМ 18510233-00 ПЗ

Лист

31



Проаналізувавши технічні характеристики верстата на операції 025 токарна з ЧПК, будемо використовувати верстат мод. 16A20Ф3, тому що його технічні характеристики та технологічні можливості повністю забезпечують безперешкодну обробку деталі.

Для виконання операції 035 «Багатоцільова з ЧПК» вибираємо горизонтально-фрезерний верстат з ЧПК мод. ГФ2171Ф3. Система ЧПК: «WL4T». При виборі даного обладнання з огляду на технологічні методи обробки поверхонь на даній операції (на операції проводиться фрезерування пазів та свердлування отворів) прийшли до висновку, що даний верстат цілком придатний для здійснення заданої операції. Технічна характеристика верстата приведена в таблиці 6.4.

Таблиця 6.4 – Технічна характеристика верстата мод. ГФ2171Ф3

Основні технічні характеристики верстата ГФ2171Ф3	
Розміри робочої поверхні стола, мм	400x1600
Найбільша маса деталі, яка встановлюється на столі верстата (разом з пристроєм), кг	400
Частота обертання шпинделя, хв-	1 50-2500
Потужність приводу головного руху, кВт	11
Переміщення столу, мм:	
по довжінє (вісь X)	1010
поперечне (вісь Y)	400
вертикальне (установче)	250
Подача по всьому координатним осях, мм / хв	3_6000
Кількість інструментів в магазині	12
Найбільший діаметр інструмента, мм	125
Час зміни інструменту, з	20
Кількість керованих координат	3
Габарити верстата, мм	3350x4170x 3150
Маса верстата з електро- і гідрообладнанням, кг, не менше	6580



Таблиця 6.5 – Ріжучий та вимірювальний інструмент, що використовується при обробці на операції 025 токарна з ЧПК

Номер та зміст переходу	Ріжучий інструмент	Допоміжний інструмент	Верстатний пристрій	Вимірювальний інструмент
Обточування зовнішніх поверхонь	Різець PCLNR2520M1 2 Різець спеціальний канавковий	-	Трьохкулачковий патрон 7108-0021 ГОСТ 2571-71	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89; Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,1 ГОСТ 166-89;

На операцію – 035 «Багатоцільова з ЧПК» вибираємо наступні верстатні пристрої, металорізальні та вимірювальні інструменти.

Для установки і закріплення «Вала зубчастого колеса» використовуємо спеціальний верстатний пристрій

Для фрезерування пазів використовуємо шпонкові фрези діаметром 6мм та 8мм.

Для контролю розмірів використовуємо шаблон пазовий спеціальний та штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89.

До таблиці 6.6 зведемо технологічну оснастку, яка застосовується при механічній обробці пазів.

Таблиця 6.6 –Вимірювальний та ріжучий інструмент, що використовується при обробці на операції 035 багатоцільова з ЧПК.

Номер та зміст переходу	Ріжучий інструмент	Допоміжний інструмент	Верстатний пристрій	Вимірювальний інструмент
Фрезерування пазів	Фреза шпонкова 6 ЕС-А4 060-13С06-60 Фреза шпонкова 8 ЕС-А4 080-19С08-60	-	Спеціальний верстатний пристрій	штангенциркуль ПЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89; шаблон спеціальний пазовий

#### 6.5 Розрахунки режимів різання

Сумський державний університет  
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

Розрахунок режимів різання будемо проводити для операції 025 токарна з ЧПК. Розрахунково-аналітичним методом розрахуємо режим різання для зовнішнього точіння поверхні  $\varnothing 60h9$ , для інших переходів режим різання призначимо за табличним методом [5].

Вихідні дані: діаметр поверхні – 60 мм, матеріал заготовки – сталь 45з межею міцності  $\sigma_B=640\text{МПа}$ ; матеріал ріжучої частини різця Т5К10, ЗОР – емульсія, заготовка – поковка штампована на ГКМ.

Визначимо глибину різання:

$$t = \frac{D_z - D_{обт}}{2} \quad (6.3)$$

де  $D_z$  – діаметр в стані заготовки;

$D_{обт}$  – діаметр після точіння.

$$t = \frac{60.5 - 60}{2} = 0.25 \text{ мм.}$$

Визначимо подачу:

$$S = 0,25 \text{ мм/об [5, с. 265]}$$

Стійкість інструменту  $T = 60$  хв. Визначимо швидкість різання за формулою:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v \quad (6.4)$$

де  $C_v=420$ ;  $x=0,15$ ;  $y=0,20$ ;  $m=0,20$  – коефіцієнти та показники у формулі швидкості різання [5, с. 269].

$K_v$  – поправочний коефіцієнт на швидкість різання, котрий враховує фактичні умови різання, визначається за формулою:

$$K_v = K_M \cdot K_t \cdot K_n \quad (6.5)$$

$K_M$  – поправочний коефіцієнт, на оброблюваний матеріал [5, с.262]

$K_t$  – поправочний коефіцієнт, враховуючий інструментальний матеріал [5, с. 263]

$K_n$  – поправочний коефіцієнт, враховуючий вплив стану поверхні заготовки на швидкість різання [5, с. 263]

$$K_v = 0,8 \cdot 1,05 \cdot 1,0 = 0,84$$

$$V = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 1,0^{0,15} \cdot 0,25^{0,2}} \cdot 0,84 = 205,26 \text{ м/хв}$$

Визначимо частоту обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \quad (6.6)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 205,26}{3,14 \cdot 60,5} = 797,2 \text{ об/хв}$$

Скорегуємо частоту обертання відповідно до паспорту верстату  $n = 800$  об/хв.

Визначимо фактичну швидкість різання:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (6.7)$$



Операція 035 багатоцільова з ЧПК, фрезерування пазів.

Розрахунок режимів різання будемо проводити для операції 035 токарна з ЧПК табличним методом [5] розрахуємо режим різання для фрезерування пазів 6N9, 8N9 .

Таблиця 6.7 - Режими різання для фрезерування шпонкових пазів 6N9, 8N9.

Режим	6N9	8N9
V	22,3	24
S <sub>хв</sub>	472	420
n <sub>ф</sub>	1184	955

Розрахунок частоти обертання (6.11)

$$n = \frac{1000 * V}{\pi * D_{\phi}} \quad (6.11)$$

кафедра технології машинобудування,  
верстатів та інструментів

Паз 6N9

$$n = \frac{1000 * 22,3}{\pi * 6} = 1184 \text{ об/хв}$$

Паз 8N9

$$n = \frac{1000 * 24}{\pi * 8} = 955 \text{ об/хв}$$

## 6.6 Технічне нормування операцій

В основі розрахунків продуктивності праці лежить технічне нормування операцій. З цією метою розраховують технічні норми штучно-калькуляційного часу, так як раніше було визначено тип виробництва – середньосерійне. Технічне нормування будемо проводити для операції токарна з ЧПК. Технічне нормування

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата





$$T_{\text{шк-к}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{п-з}}}{N} \quad (6.17)$$

де  $T_{\text{п-з}}$  – підготовчо-заключний час, що складається з часу:

- на отримання креслення і наряду,  $T = 4$  хв [12];
- на ознайомлення з роботою та кресленням,  $T = 2$  хв [12];
- інструктаж майстра,  $T = 2$  хв [12];
- отримання основного та допоміжного інструменту, верстатного пристрою та заготовки,  $T = 9$  хв [12].
- час на встановлення вихідних режимів роботи станка,  $T = 0,15$  хв;
- час налаштування пристрою для подачі ЗОР:  $0,20$  хв.

$$T_{\text{п-з}} = 4 + 2 + 2 + 9 + 0,15 + 0,2 = 17,35 \text{ хв}$$

$N = 119$  шт. – кількість деталей у партії

$$T_{\text{шк-к}} = 6,25 + \frac{17,35}{119} \approx 6,61 \text{ хв}$$

**Сумський державний університет**  
**Кафедра технології машинобудування,**  
**Верстатів та інструментів**  
 Операція 035 багатопільова з ЧПК, фрезерування пазів

Розрахунок основного часу  $T_0$

$$T_0 = \frac{L_{\text{рх}}}{S_{\text{хв}}} * i \quad (6.18)$$

$$L_{\text{рх}} = l - D_{\text{ф}} \quad (6.19)$$

де.  $T_0$  - основний час

$L_{\text{рх}}$  – довжина робочого ходу,

$l$  – довжина оброблюваної поверхні,

$D_{\text{ф}}$  – діаметр фрези

$$i = \frac{h}{t} \quad (6.20)$$

Паз 6N9

$$L_{px} = 28 - 6 = 22 \text{ мм}$$

$$i = \frac{3,5}{0,2} = 17,5 = 18$$

$$T_o = \frac{22}{472} * 18 = 0,84 \text{ хв}$$

Паз8N9

$$L_{px} = 25 - 8 = 16 \text{ мм}$$

$$i = \frac{4}{0,2} = 20$$

$$T_o = \frac{16}{420} * 20 = 0,76 \text{ хв}$$

$$T_{ca} = T_o + T_{мв} \quad (6.21)$$

де  $T_o$  - основний час

$T_{мд}$  - машино-допоміжний = 0,15 хв

$$T_{ca} = 1,6 + 0,15 = 1,75 \text{ (хв)}$$

Визначення підготовчо-завершального часу  $T_{пз}$

$$T_{пз} = 21 \text{ хв}$$

Визначення штучно-калькуляційного часу  $T_{шк}$

$$T_{шк} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n} \quad (6.22)$$

$$n = \frac{T_{зм} - T_{пз}}{T_{шт}} \quad (6.23)$$

$T_{зм}$  - час зміни (480хв)

$$n = \frac{480 - 21}{5} = 92$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ТМ 18510233-00 ПЗ

Лист

41









оброблені поверхні, котрі розвинуті та відкриті, що дозволить полегшити проектування та виготовлення пристрою.

Оскільки для базування на операції використовують центрові отвори, то проведемо аналіз цих отворів.

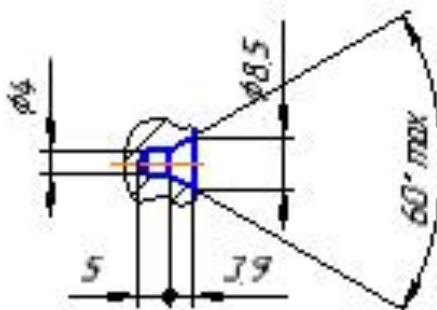


Рисунок 7.1 – Центровий отвір А4 за ГОСТ 14034-74

Центровий отвір А4 за ГОСТ14034-74 має кут конусу  $60^{\circ}$  [11].

Розміри центрових отворів  $d = 4$  мм,  $d_1 = 8,5$  мм,  $l = 5,0$  мм,  $l_1 = 3,9$  мм регламентовано ГОСТом 14034-74. Допуски на розміри рекомендовано брати по Н12 [11].

Умовне позначення центрального отвору діаметром  $d = 4$  мм:

Отв. центр. А4 ГОСТ 14034-74. Точність лінійних та кутових розмірів забезпечують центровочним різальним інструментом.

Центровий отвір форми А за ГОСТ14034-74 роблять з кутом конусу  $60^{\circ}$  без запобіжного конусу. Такий отвір використовують тоді, коли він не буде потрібен після обробки заготовки [11].

Допуски розміщення на центровий отвір А4 – за ГОСТ 14034-74.

Шорсткість посадкових поверхонь центрального отвору А4 регламентовано ГОСТом 14034-74:  $Ra < 2,5$  мкм [11].

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата









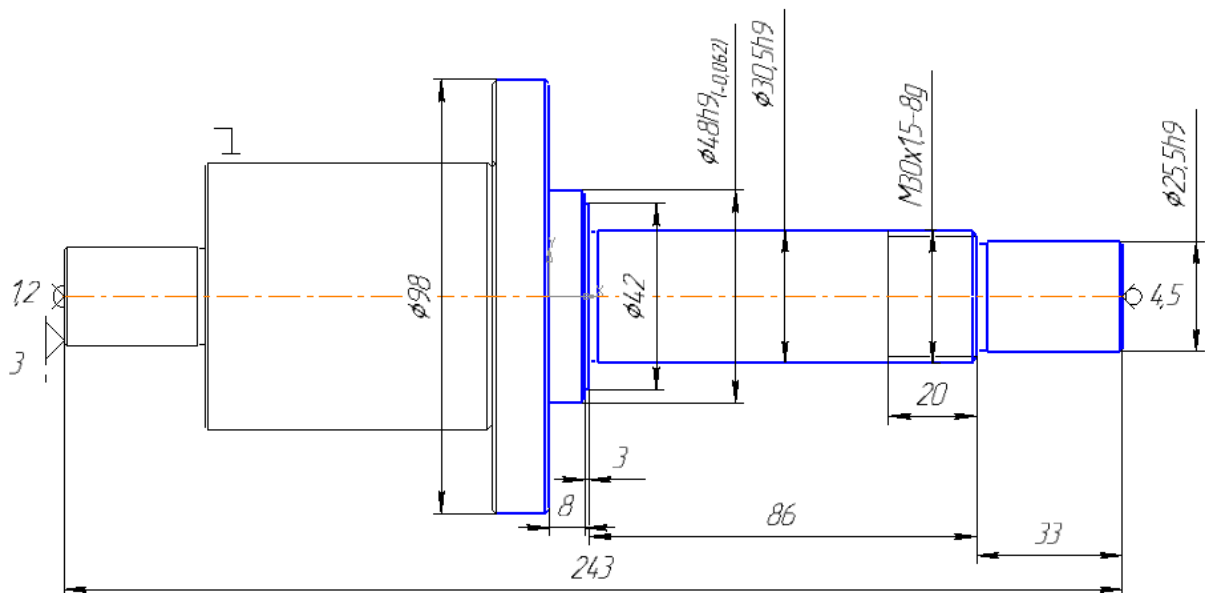


Рисунок 7.2 - Схема базування деталі на операції 020

Сумський державний університет

Кафедра технології машинобудування,  
верстатів та інструментів

Таблиця 7.1 – Базування (таблиця відповідностей)

База	Забезпечені зв'язки	Позбавлені ступені волі
ПНБ	1,2,4,5	III, IV, V, II
ОБ	3	I

Таблиця 7.2 – Матриця зв'язків

	X	Y	Z	
ПНБ	0	1	1	↔
	0	1	1	○
ОБ	1	0	0	↔
	0	0	0	○

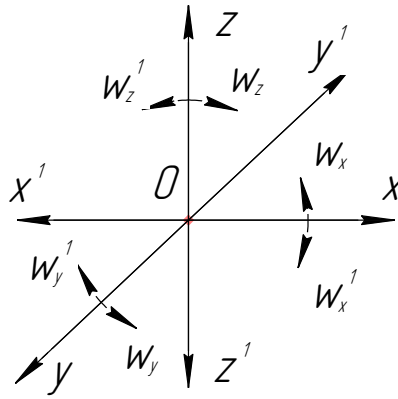


Рисунок 7.3 – Схема однобічних зв'язків, що покладають на заготовку (до таблиці 7.3)

Таблиця 7.3 – Індеси та номери зв'язків

Індекс координати	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

### верстатів та інструментів

Розглянемо можливість забезпечення точності поверхонь пропонованою схемою базування. Розглянемо похибку базування для розміру  $l = 33$  мм. Вимірною базою є правий торець, а технологічною базою лівий торець.

$$\varepsilon_{633} \neq 0$$

$$\varepsilon_{633} = T_{240} = 0,05, \text{ мм}$$

$$T_{33} = 0,62, \text{ мм}$$

$$\varepsilon_{633} = 0,05 < T_{33} = 0,62, \text{ мм}$$

Виконання цієї умови дозволяє забезпечити розмірну точно операційного розміру 33 мм.

Для розміру  $186 \pm 0,175$  мм  $\varepsilon_{686} \neq 0$ , але в даному випадку схема базування не впливає на точність розміру.

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



## 7.8 Розробка та обґрунтування схеми закріплення

Для знаходження поля сил збудуємо графічну модель збудюючих сил, рисунок 7.5.

Для розрахунку сили закріплення заготовки розглянемо схему дії сил з боку процесу різання та механізму закріплення. Сили закріплення розраховуються з розрахункової схеми, яку показано на рисунку 7.6.

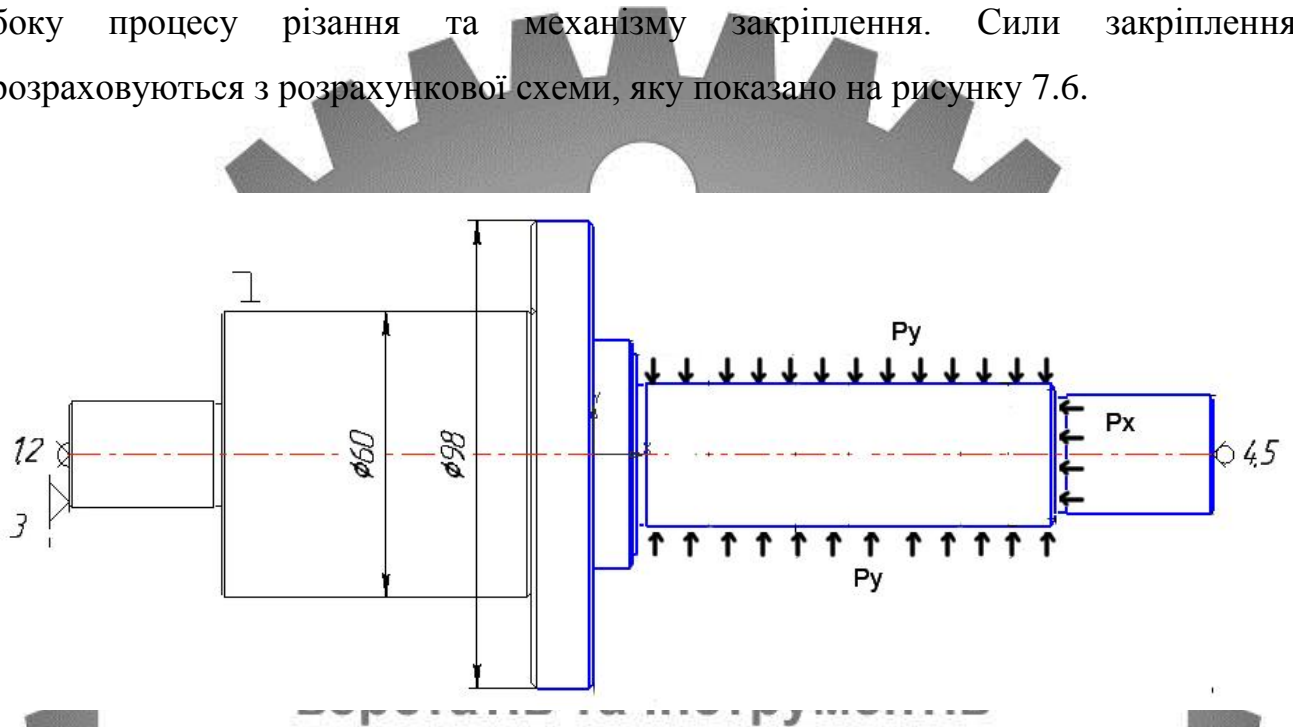


Рисунок 7.5 – Структура поля збудюючих сил

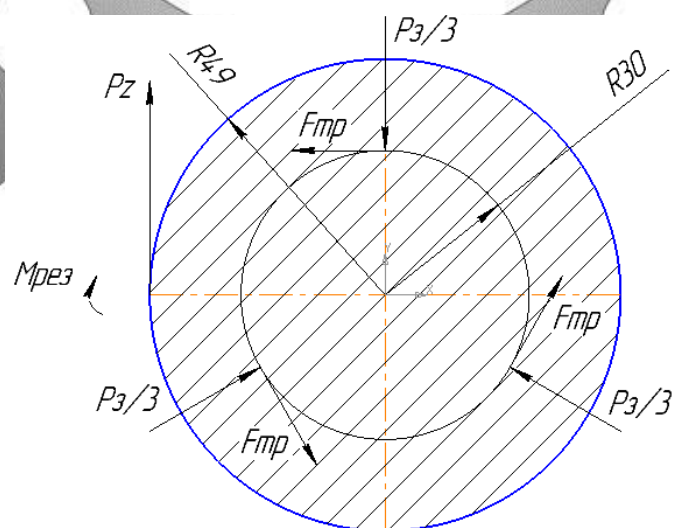


Рисунок 7.6 – Структура поля зрівноважувальних сил

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ТМ 18510233-00 ПЗ

Лист

53

З рисунку 7.5 бачимо, що складові сил різання не зрівноважені та потребують прикладення допоміжних сил закріплення. Величину сумарного зусилля необхідно розраховувати за умови не повороту від сили  $P_z$ , яка створює момент, рисунок 7.6.

Для аналізу структури та якості зв'язків, що виникають при закріпленні заготовки, будемо таблицю однобічних зв'язків.

Таблиця 7.4 – Однобічні зв'язки

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

### Сумський державний університет

#### Кафедра технології машинобудування,

#### Технологія та інструментів

З умови не повороту заготовки для циліндричної заготовки діаметром бази  $d_{60}$  мм, закріпленою в кулачках та навантаженої крутним моментом, сила закріплення  $P_z$  визначається за формулою:

$$P_z = \frac{P_z * r * K}{R * f} \quad (7.1)$$

- де
- $K$  - коефіцієнт запасу;
  - $P_z$  - крутний момент, діючий на заготовку при точінні, Н·м;
  - $R$  - радіус точки прикладання сили  $P_z$ , м;
  - $f$  - коефіцієнт тертя в місцях контакту заготовки з кулачками, при контакті обробленої заготовки з кулачками пристрою  $f=0.2$





$$K_{\varphi P} * K_{\gamma P} * K_{NP} * K_{rP} = 1 \quad (7.5)$$

$$K_P = K_{MP} * K_{\varphi P} * K_{\gamma P} * K_{NP} * K_{rP} = 0.68 * 1 = 0.68$$

$$K_p = 0.68$$

$$P_z = 10 * 300 * 1.5^1 * 0.4^{0.75} * 154^{-0.15} * 0.68 = 723 \text{ Н}$$

Радіус точки прикладання сили дорівнює половині діаметру  $R=60/2=30$  мм. Підставивши вибрані і розраховані значення в формулу (7.1), визначаємо силу закріплення:

$$P_z = \frac{723 * 49 * 2.59}{0.2 * 30} = 15290 \text{ Н}$$

Отже, необхідна сила затиску  $P_z = 15290 \text{ Н}$ .

Обґрунтування вибору привода.

Під час закріплення заготовки передбачається використання механізованого приводу у вигляді пневмокамери двосторонньої дії. У даному випадку сила закріплення  $P_z$  заготовки визначатиметься середньою силою  $Q$  на штоці пневмокамери.

Дійсна сила  $Q$  для пневмокамери двосторонньої дії :

$$Q = \frac{\pi [(D+d)^2 - d_{шт}^2] \cdot p \cdot \eta}{16} \quad (7.6)$$

де:

$$Q = P_z / k = 15290 / 1.9 = 8049 \text{ Н}$$

$k = 1.9$  – коефіцієнт передатного відношення, так як в якості затискаючого оснащення використовується клиновий трьохкулачковий патрон.

$\alpha = 15^\circ$  - кут нахилу клина.

$D$  – діаметр пневмокамери

$d_{шт}$  – діаметр штока 24 мм

$$d = 0.7D$$

$$\eta - \text{ККД} = 0.9$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

$\rho$  – тиск повітря = 0.4 МПа

З цієї формули можна розрахувати діаметр пневмокамери двосторонньої дії.

$$D = \frac{\sqrt{\frac{16Q}{\rho\eta\pi} + d_{шт}^2}}{1.7} \quad (7.7)$$

Таким чином, підставимо у формулу значення

$$D = \frac{\sqrt{\frac{16 \cdot 8049}{\pi \cdot 0.4 \cdot 0.88} + 24^2}}{1.7} = 198,9 \text{ мм}$$

$D=198,9$  мм. Приймаємо діаметр пневмокамери 200 мм

Тепер можемо перерахувати силу затиску

$$Q = \frac{3.14(1.7 \cdot 200)^2 + 24^2) \cdot 0.4 \cdot 0.9}{16} = 8212 \text{ Н}$$

Тобто  $Q=8212$  Н.

Таким чином, пневмокамера дозволяє нам використовувати таку силу затискання.

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

$$P_{зф} = Q_{ф} \cdot k = 8212 \cdot 1,9 = 15600 \text{ Н}$$

### 7.9 Розрахунок пристрою на міцність

Розрахуємо на міцність при розтягуванні штоку пристрою. Матеріал штоку – сталь 40Х. Для того, щоб при загрузці різь штоку не зірвалась, необхідно щоб виконувались наступні умови:

$$\sigma_p \leq [\sigma]_p, \quad (7.8)$$

$$[\sigma]_p = 0,6 \cdot \sigma_T,$$

де  $\sigma_T = 300$  МПа – границя текучості сталі 40;

$$[\sigma]_p = 0,6 \cdot 300 = 180 \text{ (МПа)};$$

$$\sigma_\delta = \frac{4F}{\pi d^2}, \quad (7.9)$$

$d = 25$  мм – діаметр штока;

$F$  – максимальна осьова сила, яка діє на розтягування штоку, Н

										Лист
										57
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

$$\sigma_p = \frac{4 \cdot 3172}{3,14 \cdot 25^2} = 11,3 \text{ МПа}$$

Умова виконується ( $11,3 \text{ МПа} < 180 \text{ МПа}$ ), тобто різь штока може витримувати дане зусилля.

### 7.10 Точнісні розрахунки пристрою

Розрахунок точності пристрою ґрунтується на твердженні про те, що будь-яке відхилення в положенні заготовки, пов'язане із пристроєм, як у момент установлення, так і в період обробки, визначає сумарну похибку пристрою. При цьому сума можливих похибок, що виникають при обробці заготовки, не повинна перевищувати значення допуску, що установлений на розмір заготовки і що витримується при виконанні даної операції. З інформаційної точки зору розрахунки допусків на виготовлення елементів пристрою являють собою перетворення інформації про точність обробки поверхонь заготовки на даній операції в точнісні вимоги до пристрою [12].

$$E_{np} = \delta - K_T \sqrt{(K_{T1} \cdot \varepsilon_B)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_V^2 + \varepsilon_H^2 + \varepsilon_P^2 + (K_{T2} \cdot \omega)^2} \quad (7.10)$$

де  $\delta=0,01$  – допуск, що забезпечується при обробці заготовки;

$K_T = 1,2$ - коефіцієнт, що враховує відхилення розсіювання значень складових величин від закону нормального розподілу:  $K_T = 1 \dots 1,2$  (в залежності від кількості значущих складових; чим їх більше, тим  $K_T$  ближче до одиниці);

$K_{T1}$  - коефіцієнт, що враховує зменшення граничного значення похибки базування при роботі на настроєних верстатах:

$$K_{T1} = 0,8 \dots 0,85 \quad [12];$$

$\varepsilon_B = 0$ - похибка базування заготовки в пристрої;

$\varepsilon_3 = 0$  - похибка закріплення заготовки, що виникає в результаті дії сил затиску (маємо механізований тип затиску);

										Лист
										58
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						



Принцип дії: при включенні пневмокрана стиснене повітря потрапляє в пневмокамеру діючи на шток, шток пересуваючись вліво за рахунок клинового зачеплення зводить повзун з кулачками до центру, затискаючи деталь

Три щитка, прикріплені до повзуна гвинтами, і щиток оберігають механізм патрона від забруднення. Цей патрон відрізняється від інших (також приводяться в дію переміщенням тяги) наявністю механізму для швидкої перестановки кулачків. Тому він зручний для використання в одиничному і дрібносерійному виробництвах, де переустановка кулачків робиться дуже часто.



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

										Лист
										60
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ТМ 18510233-00 ПЗ

## ВИСНОВКИ

У ході виконання кваліфікаційної роботи бакалавра було виконано наступний обсяг робіт.

При аналізі службового призначення були відображені основні технічні характеристики і призначення машини. Що стосується самої деталі, то був проведений аналіз усіх її поверхонь, а також функцій, виконуваних ними.

При аналізі технічних вимог ми описали властивості сталі 40, а також були проаналізували вимоги, пропоновані при виготовленні деталі конструктором, їх відповідність загальноприйнятим стандартам.

Був визначений тип виробництва - середньоносерійний - та визначена партія запуску  $n = 119$  штук.

В якості заготовки була прийнята штамповка на ГКМ, так як вона більш економічно вигідна ніж сортовий прокат.

Під час виконання роботи було проаналізовано заводський технологічний процес виготовлення деталі та внесено зміни спрямовані на його вдосконалення, а саме змінена послідовність операцій, замінено універсальне устаткування на обладнання з ЧПК.

Спроектовано верстатний пристрій для токарної операції.

Наведена характеристика та дія на організми людини, нормування та захист від іонізуючого випромінювання.

Сумський державний університет  
Кафедра технології машинобудування,  
верстатів та інструментів

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Горбачев А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. - 4-е изд., перераб. и доп.- Минск: Вышэйшая школа, 1983.-256с.
2. Маталин А.А. Технология машиностроения: Учебник. Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1985.-496 с.
3. Руденко П.А. и др. Проектирование и производство заготовок в машиностроении: Учебное пособие. /Под общ.ред. В.М. Плескача. - К.: Вища школа, 1991.-247 с.
4. Егоров М.Е. и др. Технология машиностроения: Учебник для ВУЗов.- М.: Высш. школа, 1976. - 534 с.
5. Справочник технолога-машиностроителя в 2-х томах. Т2/ Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К. Мещерякова - М.: Машиностроение, 1986. - 496 с.
6. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания на работы, выполняемые на металлорежущих станках с программным управлением. - М.: НИИ труда, 1980. - 209 с.
7. Обработка металлов резанием: Справочник технолога. Под общ. ред. А.А.Панова - М.: Машиностроение, 1988. - 736 с.
8. Методичні вказівки до кваліфікаційної роботи бакалаврів для студентів спеціальності 6.05050201 «Технології машинобудування» / укладач В. Г. Євтухов. – Суми: Сумський державний університет, 2017. – 44 с.
9. Методичні вказівки до оформлення документації при виконанні розрахунково-графічних і курсових робіт, курсових і дипломних проектів з технології машинобудування для студентів освітньо-кваліфікаційних рівнів: «бакалавр» за напрямками підготовки: 6.050502 «Інженерна механіка», 6.050503 «Машинобудування», 6.050604 «Енергомашинобудування»; «спеціаліст» спеціальності 7.090202 «Технологія машинобудування» усіх форм навчання: у 2

					ТМ 18510233-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62





17. Гевко Б. М., Дичковський М. Г., Матвійчук А. В. Технологічна оснастка. Контрольні пристрої. – К.: Кондор, 2009. – 220 с.

18. Боровик А. І. Технологічна оснастка механоскладального виробництва: Підручник. – К.: Кондор, 2008. – 726 с.



										Лист
										64
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ТМ 18510233-00 ПЗ					