

Хмельницький національний університет

Факультет: Інженерії, транспорту та архітектури

Кафедра: Технології машинобудування

## ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи

ОКР- магістр

Галузь знань: 13

Спеціальність: 131 Прикладна механіка

на тему: «Удосконалення технології виготовлення деталі «Черв`як 7X8.463.003» із розробленням технологічних операцій для верстатів з ЧПК фірми HAAS (США) з використанням САМ – пакету ESPRIT»

Виконав студент групи ПМТм-20-1 \_\_\_\_\_ (Б.М. Машталер )

Керівник магістерської роботи: \_\_\_\_\_ (В. Д. Каразей)

До захисту допускаю:

Зав. кафедри \_\_\_\_\_ (В.П.Ткачук)

\_\_\_\_\_ 2021 р.

## Анотація

Тема проекту: «Удосконалення технології виготовлення деталі «Черв`як 7X8.463.003» із розробленням технологічних операцій для верстатів з ЧПК фірми HAAS (США) з використанням САМ – пакету ESPRIT»

Автор Машталер Б.М. Керівник проекту: Каразей В.Д..

Об'єм пояснювальної записки.....стор. Графічна частина.....листів А1.

В загальному розділі виконано аналіз технологічності деталі, вибрано тип виробництва.

В технологічному розділі виконано розрахунки собівартості заготовки, визначено припуски, режими різання, норми часу.

В конструкторському розділі виконано розрахунки пристроїв для обробки для обробки отвору та фрезерування паза, контрольно-вимірювального пристрою, різального інструменту.

У дослідницькому розділі приведено дані по відновленню поверхонь деталей за допомогою детонаційних покриттів на основі твёрдосплавних порошкових сумішей на основі карбідів хрому та нікелю (суміш КХН) та основі бронзи та чавуну (суміш НАК)

В розділі охорони праці приведено дані по безпечній експлуатації дільниці.

В додатках приведено технологічний процес виготовлення деталі «Черв`як», специфікації, керуюча програма на верстат з ЧПК.

Автор проекту: Машталер Б.М.

2021 р.

/Підпис/

Дата

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кількість	Примітка
1			Документація загальна		
2					
3					
4	A4	ДРМ.ФІМ.21.00.00 ПЗ	Розрахунково-пояснювальна записка		
5	A2	ДРМ.ФІМ.21.02.02.00.00	Креслення заготовки	1	
6	A2	ДРМ.ФІМ.21.02.01.00.00	Креслення деталі	1	
7	A1	ДРМ.ФІМ.21.02.03.00.00	Графотехнологія	1	
8	A1	ДРМ.ФІМ.21.02.04.00.00	Карта наладки	1	
9	A1	ДРМ.ФІМ.21.03.05.00.00СК	Режими різання	1	
9	A1	ДРМ.ФІМ.21.03.01.00.00СК	Пристрій для фрезерування	1	
10	A1	ДРМ.ФІМ.21.03.02.00.00СК	Пристрій для свердлування	1	
11	A1	ДРМ.ФІМ.21.03.03.00.00СК	Пристрій контрольно - вимірювальний	1	
12	A2	ДРМ.ФІМ.21.03.04.00.00СК	Інструмент	1	
13	A1	ДРМ.ФІМ.21.04.01.00.00	Дослідницький лист	1	
14	A4		Завдання на ДП	1	
15	A4		Анотація	1	

					ДРМ.ФІМ.21.00.00ПЗ			
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив.	Машталер Б..				Відомість роботи	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірив	Каразей В.Д.							
Н. Контр.	Бись С.С.				ХНУ-ПІМТМ-20-1 <sup>2</sup>			
Затвердив	Ткачук В.П.							

## ЗМІСТ

		арк.
	Вступ	6
1	Загальний розділ	7
1.1	Стан питання та визначення задач дипломного проектування.	7
1.2	Аналіз об'єкту виробництва. Призначення та конструкція деталі	8
1.3	Аналіз технологічності конструкції деталі	11
1.4	Визначення типу та організаційної форми виробництва	14
2	Технологічний розділ	16
2.1	Аналіз існуючого технологічного процесу	16
2.2	Вибір заготовки і обґрунтування методу її отримання	17
2.3	Вибір технологічних баз	19
2.4	Вибір варіанта технологічного маршруту	21
2.5	Розробка технологічних операцій	25
2.6	Вибір обладнання, технологічної оснастки, різального та вимірювального інструменту	26
2.7	Аналітичний розрахунок та вибір припусків	28
	2.7.1 Аналітичний розрахунок припуску на обробку Ø11,6h7 мм	28
	2.7.2 Аналітичний розрахунок припуску на обробку торців у розмір 42h12	33
	2.7.3 Вибір припусків табличним методом	37
2.8	Аналітичний розрахунок та вибір режимів різання	37
2.9	Створення програми токарного оброблення деталі «Черв`як» у програмі Esprit	50

<b>ДРМ.ФІМ.21.00.00ПЗ</b>				
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата
Розробив.		Мапшталер Б.		
Перевірив		Каразей В.Д.		
Н. Контр.		Бись С.С.		
Затвердив		Ткачук В.П.		
Удосконалення технології виготовлення деталі «Черв`як 7X8.463.003» із розробленням технологічних операцій для верстатів з ЧПК фірми HAAS (США) з використанням САМ – пакету ESPRIT (Пояснювальна записка)				
		Літера	Аркуш	Аркушів
				<b>ХНУ-ПІМТм-20-1</b> <sup>3</sup>

2.10	Розрахунок технічних норм часу на обробку деталі «Черв`як»	55
2.11	Оформлення технологічної документації	57
3	Конструкторський розділ	58
3.1	Проектування верстатного пристрою для обробки отвору Ø2,0±0,1 мм.	58
3.1.1	Вибір схеми базування	58
3.1.2	Вибір установочних елементів	58
3.1.3	Розрахунок пристрою на точність	59
3.1.4	Розрахунок сили затиску	59
3.1.5	Розрахунок приводу пристрою	62
3.1.6	Розрахунок елементів пристрою на міцність	63
3.1.7	Опис конструкції і роботи пристрою	63
3.2	Проектування верстатного пристрою для фрезерування паза	64
3.2.1	Вибір схеми базування	64
3.2.2	Вибір установочних елементів	65
3.2.3	Розрахунок пристрою на точність	65
3.2.4	Розрахунок сили затиску	66
3.2.5	Розрахунок приводу пристрою	67
3.2.6	Розрахунок елементів пристрою на міцність	68
3.2.7	Опис конструкції і роботи пристрою	68
3.3	Проектування контрольно-вимірювального пристрою	69
3.3.1	Вибір схеми вимірювання	69
3.3.2	Розрахунок пристрою на точність	69
3.3.3	Опис роботи пристрою	70
3.4	Проектування фрези пазової для обробки паза	70
4	Дослідницький розділ	73
5	Охорона праці	82
	Висновки	89
	Література	90

## ВСТУП

Удосконалення технологічних методів виготовлення машин має першорядне значення, якість машини, надійність, довговічність і економічність експлуатації залежать не тільки від досконалості її конструкції, але і від технології виробництва.

Застосування прогресивних високопродуктивних методів обробки, що забезпечують високу точність і якість поверхонь деталей машини, методів зміцнення робочих поверхонь, що підвищують ресурс роботи деталей і машини в цілому, ефективне використання сучасних автоматичних і поточкових ліній, верстатів з програмним керуванням, електронних і обчислювальних машин та іншого нової техніки, застосування прогресивних форм організації і економіки виробничих процесів - все це спрямовано на вирішення головних завдань: підвищення ефективності виробництва і якості продукції.

Рівень розвитку машинобудування - один з найбільш значних факторів технічного прогресу, так як корінні перетворення в будь-якій сфері виробництва можливі лише в результаті створення більш досконалих машин і розробки принципово нових технологій.

# 1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

## 1.1 Стан питання та визначення задач дипломного проектування

Державне підприємство ДП «Красилівський агрегатний завод», що знаходиться у м. Красилів Хмельницької обл., виробляє різноманітну продукцію: в першу чергу таку, що використовується в оборонній сфері, а також обладнання - газові, твердопаливні, електричні котли; опалювальні конвектори; сонячні системи для підігріву води; стабілізатори тиску газу; товари народного споживання.

При виготовленні продукції підприємство має застосовувати різноманітні гнучкі технологічні процеси, що дають змогу швидко забезпечувати зміни та різні удосконалення в процесі виробництва.

Тема дипломного проекту – «Удосконалення технології оброблення деталі «Черв`як 7X8.463.003» із розробленням технологічних операцій для верстатів з ЧПК фірми HAAS (США) з використанням САМ – пакету ESPRIT»

В дипломному проекті потрібно поліпшити технологічний процес оброблення деталі «Черв`як 7X8.463.003» із застосуванням металорізальних верстатів з ЧПК фірми Haas; установити порядок раціонального виконання технологічних переходів; спроектувати основні операції оброблення на верстатах з ЧПК.

Основними даними для розроблення являються:

- Робоче креслення деталі «Черв`як 7X8.463.003»
- Технічні умови на деталь.
- Програма випуску деталей в рік – 1000 шт.;
- Фонд часу праці основного обладнання в рік - 4015 год.;
- Фонд часу праці робітників - 1860 год.

## 1.2 Аналіз об'єкту виробництва. Призначення та конструкція деталі.

За своєю формою, конструкцією та технологічними ознаками деталь «Черв'як 7X8.463.003» відноситься до деталей класу «Вали» [1] - вали ступінчасті із точними поверхнями.

Матеріал деталі - сталь 40X13, відноситься до категорії високо вуглецевих нержавіючих сплавів, класу: сталь корозійно - стійка жароміцна.

Основні характеристики сталі 40X13:

Питома вага: 7650 кг/ м<sup>3</sup>; термообробка: гартування 980 - 1020<sup>0</sup>С, відпуск 680 - 700<sup>0</sup>С.

Температура кування, ° С: початок 1200<sup>0</sup>, кінець 850<sup>0</sup>.

Температура критичних точок:  $A_{c1} = 800^{\circ}$ ,  $A_{r1} = 780^{\circ}$ .

Зварюваність матеріалу: не застосовується для зварних конструкцій.

Жаростійкість: сталь стійка до температури 600 - 650<sup>0</sup> С

Твердість матеріалу:  $HV = 217 - 229$  МПа, Температура критичних точок:  $A_{c1} = 800^{\circ}$ ,  $A_{c3} (A_{cm}) = 830^{\circ}$ ,  $A_{r3} (A_{rcm}) = 700^{\circ}$ .

Хімічний склад сталі 40X13 ГОСТ5949-75 приведено в табл.1.1, механічні показники - в табл. 1.2 [2].

Таблиця 1.2 - Хімічний склад сталі 40X13 ГОСТ5949-75

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Ti
			Не більше				
0,35...0,44	0,6	0,6	0,03	0,025	12-14	до 0,6	0,2

Таблиця 1.3 - Механічні властивості сталі 40X13 ГОСТ5949-75

$\sigma_T$	$\sigma_B$	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	$a_n$ , кДж/см <sup>2</sup>	HV
940	1165	13	42	70	217...229

Вид поставки: сортовий прокат, в тому числі фасонний: ГОСТ 5949-75, ГОСТ 2590-2006, ГОСТ 2591-2006, ГОСТ 2879-2006; калібрований пруток ГОСТ 8559-75, ГОСТ 8560-78, ГОСТ 7417-75; шліфований пруток та сребрянка ГОСТ 14955-77, ГОСТ 18907-73; лист тонкий ГОСТ 5582-75; смуга ГОСТ 4405-75, ГОСТ 103-2006; дрiт ГОСТ 18143-72; поковки та ковані заготовки ГОСТ 1133-71.

Використання в промисловості: призначена для виготовлення відповідальних деталей машин, пружин для роботи при температурах до 400-450°, ресор, дисків, валів, втулок, фланців, кріпильних та інших деталей, кулькових підшипників, ріжучого і вимірювального інструменту; медичних інструментів.

Ескіз оброблюваної деталі із вказаними поверхнями, що обробляються приведено на рис. 1.1.

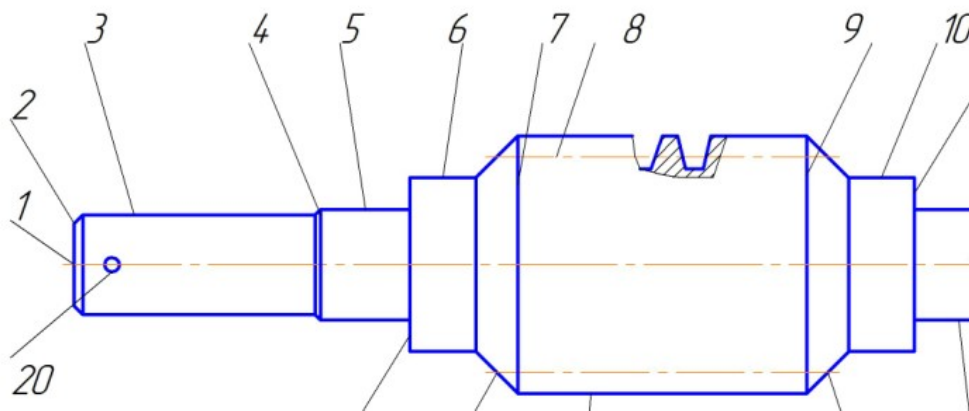


Рис. 1.1 - Поверхні деталі

Деталь "Черв'як" – складається із сукупності зовнішніх циліндричних поверхонь, обмежених торцевими плоскими поверхнями. Вали подібної форми і конструкції використовуються у вузлах приводів технічних конструкцій і призначені для передачі крутних моментів.

Базування деталі у виробі здійснюється по циліндричних поверхнях 2 і 15. Радіальне биття поверхонь 2 і 9 – не більше 0,01 мм, радіальне биття поверхні зубчастого вінця черв'яка - не більше 0,01 мм. Торцеве биття поверхонь 11 і 19 - не більше 0,007 мм.

Технологічні характеристики окремих поверхонь деталі (рис.1.1) приведені в табл. 1.3

Таблиця 1.3 - Технологічні характеристики окремих поверхонь деталі

№ п/п	Назва поверхні	Номинальний розмір, мм	Точність (квалтет), IT	Шорсткість, Ra, мкм	Інші технічні умови
1	2	3	4	5	6
1	Торець		h14	3,2	
2	Фаска	0,4×45°	h14	3,2	
3	Зовнішня циліндрична поверхня	Ø4,5	h6(-0,041)	0,8	
4	Фаска	0,3×45°	h12 0,05)	3,2	
5	Зовнішня циліндрична поверхня	Ø5,0	h6	0,4	База Б
6	Зовнішня циліндрична поверхня	Ø8,0	h8(-0,25)	0,8	
7	Торець	18, 45°	-0,21	3,2	
8	Ділильний діаметр	10	H7	0,4	
9	Торець	18, 45°	-0,21	3,2	
10	Зовнішня циліндрична поверхня	Ø8	-0,15	3,2	
11	Торець	22.6	-0,1	0,8	
12	Фаска	0,4×45°	h12, ±0,05)	3,2	
13	Паз	B = 0,5мм; h = 1,4мм	h10	3,2	
14	Торець	42	h14 (+0,2)	3,2	

Закінчення табл. 1.3

1	2	3	4	5	6
15	Зовнішня циліндрична поверхня	Ø5,0	h6	0,4	База А
16	Конічна поверхня	Ø11,6	0,01	3,2	
17	Зовнішня циліндрична поверхня	Ø11,6	-0,011	3,2	
18	Конічна поверхня	Ø11,6	0,01	3,2	
19	Торець	15	±0,05	0,8	
20	Отвір	Ø2,0 мм, $l = 5$ мм	h12	3,2	

### 1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі

#### 1.3.1 Якісна оцінка технологічності конструкції деталі

Кожна деталь повинна виготовлятися з мінімальними трудовими та матеріальними витратами. Ці витрати можливо зменшити за рахунок правильного вибору варіанту технологічного процесу, його комплектації, механізації та автоматизації, застосування оптимальних режимів обробки і правильної підготовки виробництва.

Деталь має сукупність поверхонь, які можуть бути використані в якості технологічних баз, її обробка не вимагає спеціально розроблених пристосувань.

Конструкція деталі є жорсткою ( відношення довжини до діаметра  $l/d = 42/11 = 4$ ).

Матеріал деталі – сталь 40Х13 ГОСТ5949-75 є недефіцитним, оброблюваність матеріалу низька ( $K_{\text{д.тв.спл}} = 0,6$ ,  $K_{\text{д.шв.ст}} = 0,4$ ).

Конструкція деталі «Черв`як» складається зі стандартних і уніфікованих конструктивних елементів, деталь "Черв`як" має ступінчасту форму, складена з

поверхонь обертання різних діаметрів. Розміри поверхонь зменшуються до кінців деталі.

Більшість оброблюваних поверхонь деталі мають оптимальні ступінь точності і шорсткість;

Для отримання всіх поверхонь ( окрім фасонної поверхні черв`яка ) застосовуються стандартні ріжучі інструменти.

Зовнішній контур деталі має просту конфігурацію, що забезпечує досить вільний доступ ріжучого інструменту.

Конструкція деталі дозволяє отримати заготовку з розмірами і конфігураціями, найбільш близькими до готової деталі, є можливість при обробці деталі застосовувати високопродуктивні методи обробки, верстати з ЧПУ та ефективне технологічне обладнання, використовувати універсальну технологічну оснастку.

Доступ інструменту до всіх поверхонь, що оброблюються - вільний. Контроль поверхонь можна проводити як прямими, так і відносними методами вимірювання.

Деталь має сукупність поверхонь, які можуть бути використані в якості технологічних баз, її обробка не вимагає спеціально розроблених пристосувань.

Найвищі вимоги до точності форми і розташування, шорсткості поверхонь висуваються до зовнішніх циліндричних посадочних поверхонь 5 та 10 ( $\text{Ø}5h6$ ), зовнішньої циліндричної поверхні зубчатого вінця ( $\text{Ø}11,6_{-0,011}$ ), має бути шорсткість  $Ra0,4 - 0,8$  мкм.

### 1.3.2 Кількісна оцінка технологічності.

Технологічність конструкції деталей оцінюється кількісно за допомогою системних показників, які обчислюються за такими формулами:

а). Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_m = \frac{M_d}{M_3},$$

де  $M_0$  - маса деталі,  $M_0 = 0,03$  кг;  $M_3 = 0,52$  кг - маса заготовки із прокату:

$$K_m = \frac{0,03}{0,052} = 0,58$$

За значенням коефіцієнту використання матеріалу можна вважати деталь і заготовку технологічними.

б). Коефіцієнт точності обробки:

$$K_{mч} = 1 - \frac{1}{T_{cp}},$$

де  $T_{cp}$  - середній коефіцієнт точності обробки деталі,

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_{i_3}},$$

де  $T_i$  - квалітет точності обробки  $i$ -ї поверхні деталі;  $n_i$  - число поверхонь з однаковою точністю.

$$T_{cp} = \frac{14 \times 2 + 12 \times 11 + 10 \times 3 + 8 \times 2 + 6 \times 2}{20} = 9,5;$$

$$K_{mч} = 1 - \frac{1}{9,5} = 0,894.$$

в). коефіцієнт шорсткості:

$$K_{ш} = \frac{1}{Ш_{cp}},$$

де  $Ш_{cp}$  - середня шорсткість поверхонь деталі, що обробляються,

$$Ш_{cp} = \frac{\sum R_{ai} \cdot n_i}{\sum n_{i_3}},$$

де  $R_{ai}$  - шорсткість  $i$  - ї обробленої поверхні деталі, мкм;

$n_i$  - число оброблених поверхонь з однаковою шорсткістю.

$$Ш_{cp} = \frac{0,8 \times 4 + 0,4 \times 3 + 3,2 \times 13}{20} = 2,42$$

$$K_{ш} = \frac{1}{2,42} = 0,413.$$

Якісний та кількісний аналіз технологічності показує, що в цілому деталь «Черв`як» є технологічною, має хороші розвинені базові поверхні. достатню жорсткість і досить проста по конструкції.

#### 1.4 Визначення типу та організаційної форми виробництва.

Розроблюваний в дипломному проекті технологічний процес орієнтується на середньо-серійне виробництво.

Тип виробництва визначає вибір технологічного обладнання, степінь механізації та автоматизації технологічних процесів, технологічне оснащення і в цілому весь процес.

Серійне виробництво - найбільш поширений тип виробництва, характеризується сталістю випуску досить великої номенклатури виробів. При цьому річна номенклатура виробів ширше, ніж номенклатура кожного місяця, що дозволяє організувати випуск продукції ритмічно.

Випуск виробів у великих або відносно великих кількостях дозволяє проводити значну уніфікацію виробів, що випускаються та технологічних процесів; виготовляти стандартні або нормалізовані деталі, що входять в конструктивні ряди великими партіями, що зменшує їх собівартість.

Організація праці в серійному виробництві відрізняється високою спеціалізацією, за кожним робочим місцем закріплюється виконання декількох певних операцій.

Технологічне оснащення при серійному виробництві в основному універсальне, велике поширення має універсально-збірна, переналагоджувана і спеціальна технологічна оснастка.

На першому етапі розроблення технологічного процесу тип виробництва може бути визначений за масою деталі і обсягом випуску продукції [1] по( табл.1.4.

Таблиця 1.4 – Залежність типу виробництва від об'єму випуску та маси деталі [1]

Маса деталі, кг	Тип виробництва				
	Одиничне	Дрібносерійне	Середньoserійне	Крупносерійне	Масове
<1,0	<10	10-2000	1500-100000	75000-200000	200000
1,0-2,5	<10	10-1000	1000-50000	50000-100000	100000
2,5-5,0	<10	10-500	500-35000	35000-75000	75000
5,0-10	<10	10-300	300-25000	25000-50000	50000
>10	<10	10-200	200-10000	10000-25000	25000

При масі деталі  $m = 0,03$  кг та програмі випуску  $N = 1000$  шт. визначаємо, що тип виробництва – середньо серійний.

Для цього типу виробництва приймаємо форму організації робіт - перемінно-поточну, яка характеризується запуском виробництва виробів партіями.

Розмір партії деталей, що одночасно виробляються, розраховується згідно формули:

$$N_n = \frac{N \cdot t}{\Phi},$$

де  $N$  - програма випуску виробів у рік,  $N = 1000$  шт.;  $t$  - число днів, на котрий необхідно мати запас деталей, приймаємо  $t = 12$ ;  $\Phi$  - число робочих днів

в році,  $\Phi = 254$ , тоді  $N_n = 1000 \cdot \frac{12}{254} = 47,2$  шт., приймаємо  $N_n = 50$  шт.

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.

### 2.1. Аналіз існуючого технологічного процесу.

Технологічний маршрут оброблення деталі «Черв`як 7X8.463.003», що застосовується на підприємстві, приводиться в табл. 2.1.

Обробка поверхонь відбувається методом поздовжнього точіння на токарно-гвинторізному верстаті мод.1И611П. Для шліфування поверхні використовується круглошліфувальний верстат мод. 3А131. Фрезерування поздовжнього паза проводять на горизонтально – фрезерному верстаті 6Т82Г. Свердлування отвору виконують на універсальному вертикально-свердлувальному верстаті мод. 2Н118.

Таблиця 2.1 - Технологічний процес обробки деталі « Черв`як 7X8.463.003»

№ операції	Назва технологічної операції	Модель устаткування
005	Токарно-гвинторізна	1И611П
010	Токарно-гвинторізна	1И611П
015	Токарно-гвинторізна	1И611П
020	Горизонтально-фрезерна	6Т82Г
025	Вертикально-свердлувальна	2Н118
030	Термічна	Піч
035	Круглошліфувальна	3М131
055	Круглошліфувальна	3М131

Технологічний процес забезпечує якісні показники обробки деталі, хоча продуктивність праці є низькою.

## 2.2 Вибір заготовки і обґрунтування методу її отримання.

При виборі заготовки для проектування технологічного процесу механічного оброблення деталі враховуємо її розміри та конструкцію, технічні вимоги, масштаб і серійність випуску.

Розміри заготовки із сортового прокату визначаються з урахуванням припуску на обробку ступеня вала найбільшого діаметра й припуску на обробку торців. Для номінального діаметра 11мм рекомендований діаметр гарячекатаного прокату звичайної точності становить 14 мм ( $14_{-0,5}^{+0,1}$ )

З огляду на несиметричне розташування ступеня вала найбільшого діаметра по відношенню до торців деталі, заготовкою буде круглий гарячекатаний сталевий прокат за ГОСТ 2590–88 діаметром 14мм, з точністю прокатки В [4]. Довжина заготовки дорівнює 46 мм, з урахуванням загального припуску на обробку торців – 4 мм.

Оскільки перепади діаметрів ступенів вала перевищують 5 мм, то альтернативним варіантом заготовки для виробництва деталі могла б бути поковка, отримана гарячим об'ємним штампуванням. У цьому випадку форма заготовки значною мірою була б наближена до форми готової деталі. Але при програмі випуску 1000 шт. в рік виготовляти штампове оснащення недоцільно, тому приймаємо остаточно метод отримання заготовки із прокату.

Вибраний спосіб повинен забезпечити щонайменшу собівартість деталі. При цьому велике значення має економія металу, що переробляється.

Виконаємо техніко-економічний розрахунок технологічної собівартості заготовок, отримуваної із прокату.

Заготовка із круглого прокату (ГОСТ 26492-85).

Діаметр прокату визначаємо по [4]. Приймаємо:

$$D_{заг.} = D_{дет} + 2z_0, \quad D_{заг} = 11 + 2 \times 1,5 = 14 \text{ мм,}$$

де  $z_0$  – припуск на механічну обробку зовнішнього діаметра,  $z_0 = 1,5$  мм [4].

Довжина заготовки:  $L_{заг} = L_{дет} + 2z_0$ , де  $z_0$  – припуск на механічну обробку торця,  $z_0 = 2,0$  мм

$$L_{заг} = 42 + 2 \times 2,0 = 46 \text{ мм.}$$

Ескіз заготовки із прокату приведено на рис. 2.1.

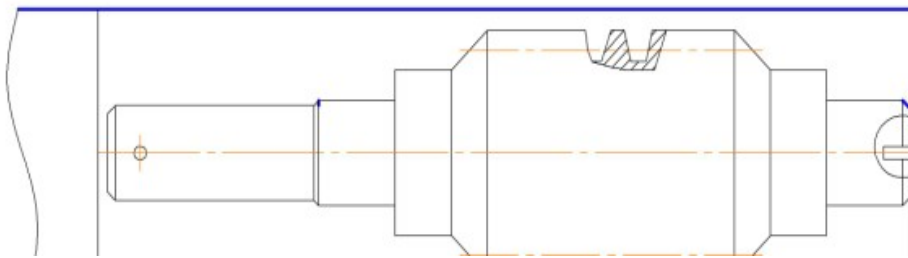


Рис. 2.1 – Ескіз заготовки із круглого прокату

Знаходимо вагу заготовки:  $Q = V \cdot \rho$ ,

де  $V$  – об’єм заготовки,  $V = \frac{\pi \cdot D_{заг}^2}{4} \cdot L_{заг}$ ;  $\rho$  – питома вага сталі,  $\rho = 7,86 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ ;

$$Q = \frac{3,14 \cdot 0,014^2}{4} \cdot 0,044 \cdot 7,86 \cdot 10^3 = 0,0532 \text{ кг;}$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_m = \frac{q}{Q},$$

де  $q$  – вага деталі,  $q = 0,03$  кг;  $Q$  – вага заготовки,  $Q = 0,0532$  кг

$$K_m = \frac{0,03}{0,0532} = 0,57.$$

Собівартість заготовки з прокату визначається за формулою:

$$S_{заг} = M + \sum C_{o.z.},$$

де  $M$  – затрати на матеріал заготовки, грн;  $\sum C_{o.z.}$  – технологічна собівартість операцій правки, калібрування прутків, розрізання на штучні заготовки, грн.

Затрати на матеріал заготовки [3], с.30:

$$M = Q \cdot S - (Q - q) \frac{S_{омх}}{1000},$$

де  $Q$  - маса заготовки, кг;  $Q = 0,053$  кг;  $S$  - ціна 1 т матеріалу,  $S = 56000$  грн.;  $q$  - маса деталі, кг;  $q = 0,03$  кг;  $S_{омх}$  - вартість 1 т стружки;  $S_{омх} = 8000$  грн./т.

$$M = 0,053 \cdot 56 - (0,053 - 0,03) \cdot 8 = 2,78 \text{ грн.}$$

Собівартість технологічна операцій заготівельних:

$$C_{о.з.} = \frac{C_{п.з.} \cdot T_{шт-к}}{60},$$

де  $C_{п.з.}$  - затрати приведені на робочому місці, охоплюють: розрізання заготовки – 1,21 грн./год.; правка – 2,5 грн./год. [3].

$T_{шт-к}$  - штучно-калькуляційний час на отримання заготовки,

$$T_{шт-к} = 0,19D^3 \cdot 10^{-3}, \text{ хв.},$$

де  $D$  - діаметр заготовки,  $D = 14$  мм.

$$T_{шт-к} = 0,19 \cdot 14^3 \cdot 10^{-3} = 0,52 \text{ хв.}$$

$$C_{п.з.} = 1,21 + 2,5 = 3,71 \text{ грн./год.}, \quad C_{о.з.} = \frac{3,71 \cdot 0,52}{60} = 0,032 \text{ грн.}$$

Собівартість заготовки із прокату

$$S_{заг} = 2,78 + 0,032 = 2,82 \text{ грн.}$$

### 2.3 Вибір технологічних баз

Вихідними даними для вибору баз при обробленні деталі «Черв`як» є: креслення деталі з усіма необхідними технічними вимогами, вид і точність заготовки, умови розташування і роботи деталі в машині.

Основні принципи, якими керуємось при виборі технологічних баз, є наступні:

- принцип суміщення баз – за технологічні бази приймаємо конструкторські бази, що служать для визначення положення деталі у виробі;

- принцип сталості баз - на всіх основних операціях використовуємо одні і ті ж самі бази.

- також бази мають забезпечувати хорошу стійкість і надійність встановлення заготовки.

При обранні технологічних баз для оброблення деталі «Черв`як» користуємося рекомендаціями по базуванню деталей класу «Вали та вісі», що наведені у [1], так як дана деталь створюється поверхнями обертання.

Вибір баз для першої операції. У даному випадку рішення такі питання: забезпечується правильність взаємного розташування оброблених поверхонь деталі щодо необроблених; здійснюється підготовка технологічних баз для подальших операцій; забезпечуються найменші та рівномірні припуски.

Чорною базою для першої операції обираємо необроблену зовнішню циліндричну поверхню заготовки.

Схема базування заготовки на першій чорновій операції приведена на рис. 2.4.

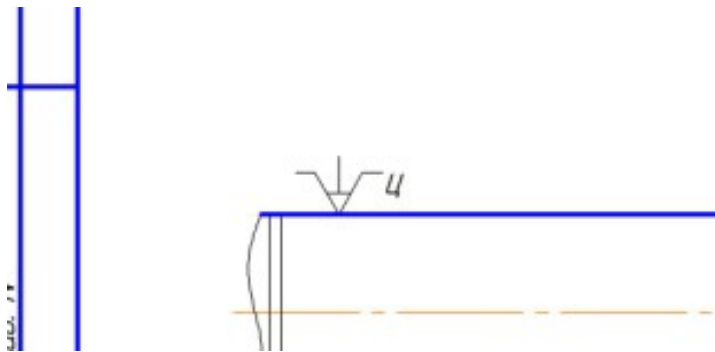


Рис. 2.4 - Схема базування деталі на першій операції

Бази для чистових операцій вибираємо із умови забезпечення точності кінцевих розмірів та взаємного розміщення поверхонь.

Найбільш точними поверхнями деталі є зовнішні циліндричні поверхні  $\varnothing 5h6(-0,052)$  мм.

При обробці даних поверхонь заготовка базується на зовнішні фаски 2 та 12 ( $0,4 \times 45$ ), що відіграють роль обернених центрів. Схема базування показана на рис. 2.5.

Бази для проміжних операцій обираємо з метою забезпечення технічних умов по точності розміщення цих поверхонь та якості їх обробки

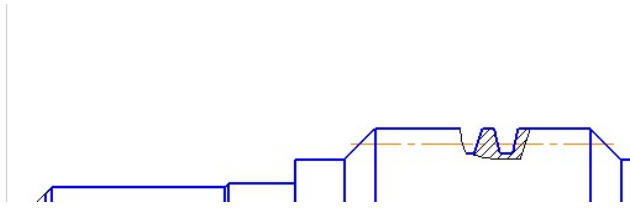


Рис. 2.5 – Схема базування заготовки на завершальних операціях

На проміжних операціях обробки черв'яка (обробка отвору  $\varnothing 2,0 \pm 0,1$ , обробка радіального паза на торці шириною 0,6 мм) для базування приймаємо зовнішні оброблені начисто циліндричні поверхні  $\varnothing 5$  та торець. Схема базування (в призмах) показана на рис. 2.6.



Рис. 2.6 – Базування заготовки на проміжних операціях

## 2.4 Вибір варіанта технологічного маршруту

### 2.4.1 Вибір методів обробки окремих поверхонь деталі

Перед розробленням технологічного процесу механічного оброблення деталі "Черв'як" розробляємо маршрутну технологію.

Після чорнової обробки поверхні отримують 12-14 квалітет точності і

параметри шорсткості  $Ra_{12,5} - Ra_{6,3}$  мкм.

Після чистової обробки поверхні отримують 8-9 квалітети точності і параметри шорсткості  $Ra_{3,2} - Ra_{1,6}$  мкм. При чорновому шліфуванні досягається 7-8 квалітети точності і параметр шорсткості  $Ra_{1,6}$  мкм.

Чистове шліфування дає 6-7 квалітети точності і параметр шорсткості  $Ra_{0,4}$  мкм. Виходячи з цих умов поверхні  $\varnothing 5h6$ ,  $\varnothing 4,510n6$  з параметрами шорсткості  $Ra_{0.63}$  мкм отримуємо чистовим шліфуванням.

Вибір методів обробки поверхонь залежить від конфігурації деталі, її габаритів, точності і якості оброблюваних поверхонь, виду прийнятої заготовки. Вибір конкретного методу обробки поверхонь провидимо за допомогою таблиць середньої економічної точності різних методів обробки [3, 8].

Обробку поверхонь можна виконувати в один або кілька переходів, на кожному з яких використовують свій метод обробки. Вибираємо методи обробки поверхонь черв'яка та заносимо результати в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 - Методи обробки поверхонь деталі «Черв'як 7X8.463.003»

№ поверхні	Номінальний розмір	Точність обробки (квалітет)	Шорсткість $R_a$ , мкм	Маршрут обробки поверхні
1	2	3	4	5
1	Торець, □□	h14	3,2	1. Точіння чорнове
2	Фаска, $0,4 \times 45^\circ$	h14	3,2	1. Точіння чорнове
3	Зовнішня циліндрична поверхня, $\varnothing 4,5 h6$	h6 (-0,041)	0,8	1. Точіння чорнове 2. Точіння чистове 3. Шліфування чорнове 4. Шліфування чистове
4	Фаска, $0,3 \times 45^\circ$	h12	3,2	1. Точіння чорнове
5	Зовнішня циліндрична поверхня, $\varnothing 5 h6$	12 ( $\pm 0,05$ )	0,4	1. Точіння чорнове 2. Точіння чистове 3. Шліфування чорнове 4. Шліфування чистове

Продовження табл.2.3

1	2	3	4	5
6	Зовнішня циліндрична поверхня , Ø8,0	h8(-0,25)	0,8	1.Точіння чорнове 2.Точіння чистове 3.Шліфування чорнове 4. Шліфування чистове
7	Конічна поверхня	l=18, 45°	3,2	1.Точіння чорнове
8	Ділильний діаметр Ø10	h7	0,4	1.Точіння чорнове 2.Точіння чистове 3.Шліфування чорнове 4. Шліфування чистове
9	Конічна поверхня	l=18, 45°	3,2	1.Точіння чорнове
10	Зовнішня циліндрична поверхня, Ø8	-0,15	3,2	1.Точіння чорнове 2.Точіння чистове
11	Торець	22.6	0,8	1.Точіння чорнове 2.Точіння чистове
12	Фаска,0,4×45 <sup>0</sup>	h12	3,2	1.Точіння чорнове.
13	Паз, В =0,5 h= 1,4	h10	3,2	1 Фрезерування
14	Торець, 42	h14 (+0,2	3,2	
15	Зовнішня циліндрична поверхня, Ø5,0	h6	0,4	1.Точіння чорнове 2.Точіння чистове 3.Шліфування чорнове 4. Шліфування чистове
16	Конічна поверхня, Ø11,6	-0,011	3,2	1.Точіння чорнове
17	Зовнішня циліндрична поверхня, Ø11,6	0,01	3,2	1.Точіння чорнове 2.Точіння чистове 3.Шліфування чорнове 4. Шліфування чистове
18	Конічна поверхня, Ø 11,6	-0,01	3,2	1.Точіння чорнове

Закінчення табл. 2.3

1	2	3	4	5
19	Торець, 15	$\pm 0,05$	0,8	1.Точіння чорнове
20	Отвір, Ø2,5	h12	3,2	1.Свердлування

#### 2.4.2 Розроблення варіанту технологічного маршруту.

Технологічний маршрут проектуємо на основі заводського (базового) технологічного маршруту.

При зміні і доповненні заводського технологічного маршруту розділяємо технологічний процес на етапи, що виконуються в порядку зростання точності етапу, тобто від чорнових до чистових.

При розробці технологічного процесу керуємося наступними принципами [10]:

- в першу чергу обробляються ті поверхні, які є базовими при подальшій обробці;
- після цього обробляються поверхні з найбільшим припуском;
- далі виконується обробка поверхонь, зняття металу з яких в найменшій мірі впливає на жорсткість заготовки;
- поверхні, обробка яких пов'язана з точністю і допусками відносного розташування поверхонь;

В процесі чорнової обробки знімаємо основну масу металу і забезпечуємо взаємне розташування поверхонь. Метою чистової обробки є досягнення заданої точності поверхонь деталі і точності їх взаємного розташування.

Основне призначення оздоблювальної обробки - забезпечення необхідної точності і шорсткості особливо точних поверхонь.

При розробці технологічного маршруту необхідно також враховувати вимоги до взаємного розташування поверхонь.

На основі цього приймаємо маршрут обробки деталі:

Заготівельна операція

Токарна з ЧПК

Токарна з ЧПК

Слюсарна

Горизонтально-фрезерна

Вертикально-свердлувальна

Термічна

Круглошліфувальна

Контрольна

Гальванічна

## 2.5. Розробка технологічних операцій.

При проектуванні технологічної операції вирішується комплекс питань: уточнюється зміст операції, тобто послідовність і зміст переходів; вибираються засоби технологічного оснащення, а також режими різання; визначаються налагоджувальні розміри, норми часу, точність обробки і розряд роботи; підбирається склад МОР; розробляються операційні ескізи і схеми налагоджень.

Окрема технологічна операція проектується на основі прийнятого технологічного маршруту, схеми базування і закріплення деталі на операції, відомостей про точність і шорсткості поверхонь до і після обробки на даній операції, припусків на обробку

При уточненні змісту операції остаточно встановлюється, які поверхні деталі будуть оброблятися на даній операції.

При розробленні послідовності та змісту переходів необхідно прагнути до скорочення часу обробки за рахунок раціонального вибору засобів технологічного оснащення, числа переходів, поєднання основного і допоміжного часу.

Розробляємо детально операції технологічного процесу та заносимо інформацію у операційні технологічні карти.

## 2.6 Вибір обладнання, технологічної оснастки, різального та вимірювального інструменту

### 2.6.1 Технологічне оснащення

Відомості про характеристики оброблюваної поверхні і методах її обробки, про деталі в цілому дають можливість намітити тип верстата, вид інструменту, засоби і методи контролю.

Моделі верстатів вибираємо із умов забезпечення виконання необхідних технічних умов та для забезпечення принципу концентрації оброблення всіх поверхонь на одному верстаті.

Характеристики технологічного обладнання заносимо у табл.2.4.

Фрезерування радіального паза на торці виконуємо на горизонтально-фрезерному верстаті 5М82Г.

Свердлування гладкого наскрізного отвору  $\varnothing 2,5$  мм виконуємо на універсальному вертикально-свердлувальному верстаті мод 2Н118.

Обробку всіх інших поверхонь проводимо на токарно-револьверному верстаті з ЧПК мод. HAAS ST-10Y.

При розробці технологічного процесу механічної обробки заготовки необхідно правильно вибрати пристрої, які повинні реалізовувати вибрану схему базування із заданою точністю. Застосування верстатних пристроїв і допоміжних інструментів при обробці заготовок дає ряд переваг: підвищує якість і точність обробки деталей; скорочує трудомісткість обробки заготовок за рахунок різкого зменшення часу, що витрачається на установку, вивірку і закріплення; розширює технологічні можливості верстатів. При виборі технологічного оснащення в першу чергу враховуємо можливість надійного базування та закріплення деталі на верстаті з дотриманням вимог охорони праці та зменшення допоміжних затрат часу на кожну з технологічних операцій.

Таблиця 2.4 - Верстатні пристрої

Номер і назва операції	Назва пристрою	Установочні елементи	Вид затиску	Стандарт ГОСТ	Код пристрою
005,010 Токарна з ЧПК	Патрон поводковий, центр рухомий	Центри	Механічний	2571 – 71 8742 - 75	396110 392841
020 Горизонтально-фрезерна	Пристрій спеціальний	Призми установчі	Пневматичний	14904-80	396131
025 Вертикально-свердлувальна	Пристрій спеціальний	Призми установчі	Механічний		
030,035 Кругло-шліфувальна	Патрон поводковий Центр жорсткий	Центри	Механічний	13214-79	392841

При виборі ріжучого інструменту враховуємо види обробки, матеріал та габаритні розміри деталі, технічну характеристику обладнання, досягнення в галузі інструментального виробництва та можливості використання сучасних прогресивних технологій.

Вибираємо ріжучий інструмент, що забезпечує досягнення максимальної продуктивності, необхідних точності і шорсткості обробленої поверхні.

Ріжучий інструмент вибираємо за стандартами та довідковою літературою в залежності від методів обробки деталі.

Вимірювальний інструмент приймаємо в залежності від типу виробництва в даному випадку – серійне, метод контролю поверхонь – суцільний. З метою мінімальних затрат часу на проведення контролю поверхонь в більшості випадків використовуємо без шкальні інструменти – калібри. Для налагодження

верстатів та встановлення дійсних розмірів поверхонь деталі використовуємо універсальні вимірювальні засоби відповідної точності (штангенциркулі, мікрометри).

Для деталі «Черв`як 7Х8.463.003» після кожної операції виконуємо 100% контроль, користуємося засобами вимірювання: штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1 ГОСТ 166-80; мікрометр МК25-1 ГОСТ 6507-90, калібр – скоби.

## 2.7. Аналітичний розрахунок та вибір припусків

### 2.7.1 Аналітичний розрахунок припуску на обробку циліндричної поверхні

$$\text{Ø}11,6_{-0,011} \text{ мм}$$

Маршрут обробки поверхні

- точіння чорнове;
- точіння чистове;
- шліфування чорнове;
- шліфування чистове;

Визначаємо мінімальний припуск із формули:

$$2Z_{i\min} = 2(R_{zi-1} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_i^2}),$$

де  $R_{zi-1}$ , - висота мікронерівностей, що утворилися на попередній операції;  $h_{i-1}$  - величина дефектного шару, що утворився на попередній операції;  $\Delta_{\Sigma i-1}$  - сумарне відхилення розташування поверхні, що створилося на попередній операції, мкм;  $\varepsilon_{yi}$  - похибка установлення заготовки на виконуваному переході, мкм.

Для розрахунку припусків використовуємо послідовність дій, приведену в [3].

Знаходимо величини елементів припуску.

1. Параметри заготовки із прокату:

$$R_{z_{заг}} = 80 \text{ мкм}; h_{заг} = 100 \text{ мкм} [5], \text{ табл.1}$$

Сумарне відхилення розташування поверхні визначаємо за формулою:

$$\Delta_{\Sigma заг} = \rho_k,$$

де  $\rho_k$  - викривлення заготовки із-за деформації,  $\rho_k = \Delta_k \cdot L$ ,

де  $\Delta_k$  - питома кривизна заготовки,  $\Delta_k = 1,0$  мкм/мм;

$L$  – максимальний розмір заготовки,  $L = 44$  мм;

$$\rho_k = 44 \cdot 1,0 = 44 \text{ мкм};$$

Тоді  $\Delta_{\Sigma_{заг}} = \rho_k = 44$  мм

Допуск переходу  $T_{загот.} = 700$  мкм

2. Точіння чорнове:

$R_{\Sigma_{чорн.}} = 63$  мкм;  $h_{чорн.} = 60$  мкм [5], табл.5;

Сумарне відхилення розташування поверхні після виконання переходу механічного оброблення розраховується із формули:  $\Delta_{\Sigma_{чорн.}} = \Delta_{заг.} \cdot K_y$ ,

де  $K_y$  – коефіцієнт, що враховує уточнення,  $K_y = 0,06$  [3], табл. 29;

$$\Delta_{\Sigma_{чорн.}} = 44 \cdot 0,06 = 3 \text{ мкм.}$$

Похибка встановлення заготовки в цанговому патроні  $\varepsilon_{у.чорн.} = 60$  мкм [5], табл.13 .

Допуск переходу  $T_{т.чорн.} = 180$  мкм.

3. Точіння чистове

$R_{\Sigma_{чист.}} = 30$  мкм;  $h_{т.чист.} = 30$  мкм [5], табл. 28;

Сумарне відхилення розташування поверхні після виконання переходу механічного оброблення:  $\Delta_{\Sigma_{чист.}} = \Delta_{заг.} \cdot k_y$ ,

де  $k_y$  – коефіцієнт, що враховує уточнення,  $k_y = 0,05$  [6], табл. 29

$$\Delta_{\Sigma_{чист.}} = 3 \cdot 0,04 = 1 \text{ мкм.}$$

Похибка встановлення заготовки в цанговому патроні знаходиться, як:

$$\varepsilon_{у.чист.} = \varepsilon_{у.чорн.} \cdot k_y = 60 \cdot 0,05 = 2 \text{ мкм [5],}$$

Допуск переходу  $T_{т.чист.} = 43$  мкм.

4. Шліфування чорнове

$R_{\Sigma_{шліф.чорн.}} = 10$  мкм.;  $h_{шліф.чорн.} = 20$  мкм [5], табл.5;

Сумарне відхилення розташування поверхні після виконання переходу механічного оброблення  $\Delta_{\Sigma_{шліф.чорн.}} = \Delta_{\Sigma_{за}} \cdot k_y$ ,

де  $k_y$  – коефіцієнт, що враховує уточнення,  $k_y = 0,04$  [3], табл. 29;

$$\Delta_{\Sigma_{шліф.чорн.}} = 3 \cdot 0,04 = 0 \text{ мкм.}$$

Допуск переходу  $T_{т.чист.} = 18 \text{ мкм.}$

5. Шліфування чистове:

$$R_{шліф.чист..} = 6,3 \text{ мкм.}; h_{шліф.чист..} = 12 \text{ мкм} \quad [5], \text{ табл.5};$$

Сумарне відхилення розташування поверхні після виконання переходу механічного оброблення  $\Delta_{\Sigma_{шліф.чорн.}} = \Delta_{\Sigma_{за}} \cdot K_y = 0$

Допуск переходу  $T_{шл.чорн.} = 11 \text{ мкм.}$

Визначені величини елементів припуску заносимо в табл. 2.5.

Таблиця 2.5 - Розрахунок припусків при обробці поверхні  $\varnothing 11,6h6 (-0,011)$

Технологічні переходи обробки поверхні	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск, мкм	Розрахунковий розмір, мм	Допуск	Граничні розміри, мм		Граничні припуски, мм	
	$R_{z_{i-1}}$	$h_{i-1}$	$\Delta_{\Sigma_{i-1}}$	$\varepsilon_i$				Нм.	Нб.	Нм.	Нб.
Заготовка	80	100	44	-		12,525	0,700	12,60	13,3		
Точіння чорнове	63	60	3	60	2×254	12,017	0,180	12,02	12,20	0,58	1,1
Точіння чистове	30	30	1	4	2×123	11,771	0,043	11,771	11,814	0,249	0,386
Шліфув. чорнове	10	20	0	0	2×61	11,649	0,018	11,649	11,670	0,122	0,144
Шліфув. чистове	6,3	12	0	0	2×30	11,589	0,011	11,589	11,60	0,06	0,07
Всього										1,011	1,7

Знаходимо мінімальні припуски про переходам:

Точіння чорнове:

$$2Z_{\min.чорн.} = 2(80 + 100 + \sqrt{(44^2 + 60^2)} = 2 \times 254 \text{ мкм.}$$

Точіння чистове:

$$2Z_{\min.чист.} = 2(63 + 50 + \sqrt{3^2 + 4^2}) = 2 \times 123 \text{ мкм.}$$

Шліфування чорнове:

$$2Z_{\min.шл.чорн.} = 2(30 + 30 + 1) = 2 \times 61 \text{ мкм.}$$

Шліфування чистове:

$$2Z_{\min.шл.чист.} = 2(10 + 20) = 2 \times 30 \text{ мкм.}$$

Визначаємо розрахункові розміри і записуємо для кінцевого переходу у графу «розрахунковий розмір» найменший граничний розмір деталі:

$$D_p = 11,6 - 0,011 = 11,589 \text{ мм}$$

Установлюємо розрахункові розміри для всіх переходів. Для передостаннього переходу знаходимо розрахунковий розмір шляхом додаванням до найменшого граничного розміру із креслення розрахункового припуску:

$$D_{p.шл.чорн.} = 11,589 + 0,06 = 11,649 \text{ мм}$$

Послідовно знаходимо розрахункові розміри для кожного попереднього переходу шляхом доданням до розрахованого розміру наступного за ним суміжного переходу розрахункового припуску:

$$D_{p.точ.чист.} = 11,649 + 0,122 = 11,771 \text{ мм};$$

$$D_{p.точ.чорн.} = 11,771 + 0,246 = 12,017 \text{ мм};$$

$$D_{p.розр.заг.} = 12,017 + 0,508 = 12,525 \text{ мм}$$

Записуємо найменші граничні розміри по всіх технологічних переходах, округлюючи їх шляхом збільшенням розрахункових розмірів; округлення здійснюємо до того ж знаку десяткового дробу, з яким дається допуск на технологічний розмір для кожного переходу:

$$D_{\text{нм дет.}} = 11,589 \text{ мм};$$

$$D_{\text{нм шл. чорн.}} = 11,649 \text{ мм}$$

$$D_{\text{нм точ.чист.}} = 11,771 \text{ мм};$$

$$D_{\text{нм точ.чорн.}} = 12,02 \text{ мм}$$

$$D_{\text{нм загот.}} = 12,6 \text{ мм}$$

Визначаємо найбільші розміри шляхом додаванням допуску до округленого найменшого граничного розміру:

$$D_{\text{нб дет.}} = D_{\text{нм дет.}} + T_{\text{дет.}} = 11,589 + 0,011 = 11,6 \text{ мм.}$$

$$D_{\text{нб шл.чорн.}} = D_{\text{нм шл. чорн.}} + T_{\text{шл. чорн.}} = 11,649 + 0,018 = 11,67 \text{ мм.}$$

$$D_{\text{нб точ. чист.}} = D_{\text{нм точ.чист.}} + T_{\text{точ. чист.}} = 11,771 + 0,043 = 11,814 \text{ мм.}$$

$$D_{\text{нб точ. чорн.}} = D_{\text{нм точ.чорн.}} + T_{\text{точ. чорн.}} = 12,02 + 0,18 = 12,2 \text{ мм.}$$

$$D_{\text{нб заг.}} = D_{\text{нм заг.}} + T_{\text{заг.}} = 12,6 + 0,7 = 13,3 \text{ мм.}$$

Знаходимо найбільші значення припусків як різницю найбільших розмірів попереднього і виконуваного переходів:

$$2Z_{\text{нб шл. чист.}} = D_{\text{нб шл.чорн.}} - D_{\text{нб шл. чист.}} = 11,67 - 11,6 = 0,07 \text{ мм;}$$

$$2Z_{\text{нб шл. чорн.}} = D_{\text{нб точ.чист.}} - D_{\text{нб шл. чорн.}} = 11,814 - 11,67 = 0,144 \text{ мм;}$$

$$2Z_{\text{нб т. чист.}} = D_{\text{нб. точ. чорн.}} - D_{\text{нб точ.чист.}} = 12,2 - 11,814 = 0,386 \text{ мм;}$$

$$2Z_{\text{нб.точ. чорн.}} = D_{\text{нб.заг.}} - D_{\text{нб точ.чорн.}} = 13,3 - 12,2 = 1,1 \text{ мм.}$$

Знаходимо найменші припуски як різницю найменших розмірів попереднього і виконуваного переходів:

$$2Z_{\text{нм шл. чист.}} = D_{\text{нм шл.чорн.}} - D_{\text{нм шл. чист.}} = 11,64 - 11,589 = 0,06 \text{ мм}$$

$$2Z_{\text{нм шл. чорн.}} = D_{\text{нм точ.чист.}} - D_{\text{нм шл. чорн.}} = 11,771 - 11,649 = 0,122 \text{ мм;}$$

$$2Z_{\text{нм т. чист.}} = D_{\text{нм. точ. чорн.}} - D_{\text{нм точ.чист.}} = 12,02 - 11,771 = 0,249 \text{ мм;}$$

$$2Z_{\text{нм.т. чорн.}} = D_{\text{нм.заг.}} - D_{\text{нм точ.чорн.}} = 12,6 - 12,02 = 0,58 \text{ мм.}$$

Визначаємо загальні найменші та найбільші припуски:

$$2Z_{\text{нбзаг.}} = 2Z_{\text{нб шл. чист.}} + 2Z_{\text{нб шл. чорн.}} + 2Z_{\text{нб точ.чист.}} + 2Z_{\text{нб точ. чорн.}};$$

$$2Z_{\text{нбзаг.}} = 0,07 + 0,144 + 0,386 + 1,1 = 1,7 \text{ мм}$$

$$2Z_{\text{нм. заг.}} = 2Z_{\text{нм шл. чист.}} + 2Z_{\text{нм шл. чорн.}} + 2Z_{\text{нм точ.чист.}} + 2Z_{\text{нм точ. чорн.}}$$

$$2Z_{\text{нм. заг.}} = 0,06 + 0,122 + 0,249 + 0,58 = 1,011 \text{ мм.}$$

Виконуємо перевірку правильності розрахунку за формулою:

$$T_{\text{заг.}} - T_{\text{дет.}} = 2Z_{\text{нб. заг.}} - 2Z_{\text{нм. заг.}}$$

$$0,7 - 0,011 = 1,7 - 1,011 - \text{розрахунок зроблено правильно.}$$

Визначаємо загальний номінальний припуск:

$$2Z_{\text{ном.}} = 2Z_{\text{нм заг.}} + H_3 - H_0,$$

де  $H_3$  – нижнє відхилення заготовки,  $H_3 = 0,5$  мм;

$H_0$  – нижнє відхилення деталі,  $H_0 = 0,011$  мм.

$$2Z_{ном.} = 1,011 + 0,5 - 0,013 = 1,5 \text{ мм}$$

Номинальний розмір заготовки:

$$D_{ном. заг.} = D_{ном. дет.} + 2Z_{ном} = 11,6 + 1,5 = 13,1 \text{ мм}$$

На базі розрахунку будемо схему (рис.2.7) розміщення припусків, допусків та граничних розмірів при обробці поверхні  $\varnothing 11,6_{-0,011}$  мм.

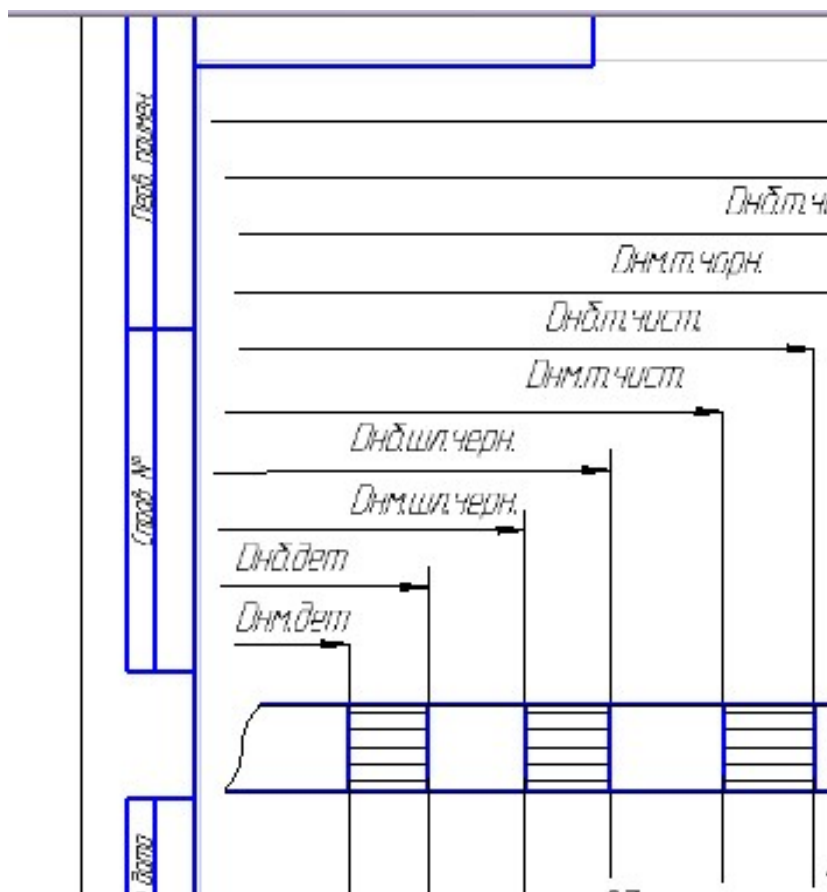


Рис. 2. 7 - Схема розміщення припусків, допусків і граничних розмірів при обробці поверхні  $\varnothing 11,6_{-0,011}$  мм.

2.7.2 Аналітичний розрахунок припуску на обробку торців у розмір  $42h12_{(-0,25)}$  мм

Маршрут обробки поверхні

- Точіння торця (з однієї сторони).
- Точіння торця (з другої сторони).

Мінімальний припуск визначаємо за формулою

$$2Z_{\min} = 2(R_{zi-1} + h_{i-1} + \Delta_{\Sigma i-1} + \varepsilon_{yi}),$$

де  $R_{zi-1}$ , - висота мікронерівностей, що утворилися на попередній операції;  $h_{i-1}$  - величина дефектного шару, що утворився на попередній операції;  $\Delta_{\Sigma i-1}$  - сумарне відхилення розташування поверхні, що створилося на попередній операції, мкм;  $\varepsilon_{yi}$  - похибка встановлення заготовки на виконуваному переході, мкм.

Для розрахунку припусків використовуємо послідовність дій, приведену в [3].

Знаходимо величини елементів припуску.

1. Параметри заготовки із прокату:

$$R_{z_{заг}} = 80 \text{ мкм}, h_{z_{заг}} = 100 \text{ мкм} [5], \text{ табл.1}$$

визначаємо за формулою:  $\Delta_{\Sigma_{заг}} = \rho_{\kappa}$ ,

де  $\rho_{\kappa}$  - викривлення заготовки із-за деформації,  $\rho_{\kappa} = \Delta_{\kappa} \cdot L$ ,

де  $\Delta_{\kappa}$  - питома кривизна заготовки,  $\Delta_{\kappa} = 1,0 \text{ мкм/мм}$ ; [5], табл. 16

$L$  – максимальний розмір заготовки,  $L = 44 \text{ мм}$ ; ;

$$\rho_{\kappa} = 1 \cdot 44 = 44 \text{ мкм}$$

$$\Delta_{\Sigma_{заг}} = \rho_{\kappa} = 44 \text{ мкм}$$

Допуск розміру заготовки  $T_{заг} = 1000 \text{ мкм}$ .

Точіння:

$$R_{z_{точ.}} = 50 \text{ мкм.}; h_{z_{точ.}} = 50 \text{ мкм} [5], \text{ табл. 3.}$$

Величина просторових відхилень поверхні форми після виконання переходу механічного оброблення  $\Delta_{\Sigma_{точ.}} = \Delta_{z_{заг}} \cdot K_y$ ,

де  $k_y$  – коефіцієнт, що враховує уточнення,  $k_y = 0,06$  [3], табл. 29;

$$\Delta_{\Sigma i} = 44 \cdot 0,06 = 3 \text{ мкм.}$$

Похибка встановлення заготовки у цанговому патроні  $\varepsilon_{yi} = 60 \text{ мкм}$ , [5], табл.13.

Допуск переходу  $T_{точ.} = 250 \text{ мкм}$ .

Визначені величини елементів припуску заносимо в табл. 2.6.

Знаходимо мінімальний припуск на точіння торця:

$$2Z_{i \min} = 2(80 + 100 + 44 + 60) = 2 \times 284 \text{ мкм.}$$

Установлюємо розрахункові розміри для всіх переходів. Для передостаннього переходу знаходимо розрахунковий розмір шляхом додавання до найменшого граничного розміру із креслення розрахункового припуску

$$L_{\text{розр.}} = 42,0 - 0,250 = 41,75 \text{ мм.}$$

Для переходу, що передує кінцевому, розраховуємо розмір шляхом додавання до найменшого розрахункового розміру розрахункового припуску:

$$L_{\text{розр. заг.}} = 41,75 + 0,334 = 42,084 \text{ мм}$$

Визначаємо найменші граничні розміри по всім технологічним переходам, округлюючи їх шляхом збільшенням розрахункових розмірів; округлення здійснюємо до того ж знаку десяткового дробу, з яким дається допуск на технологічний розмір для кожного переходу:

$$L_{\text{нм дет.}} = 41,75 \text{ мм;}$$

$$L_{\text{нм заг.}} = 43,0 \text{ мм;}$$

Таблиця 2.6 - Розрахунок припусків на точіння торця в розмір  $42_{-0,25}$  мм

Технолог. переходи обробки поверхні	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск, мкм	Розрахунковий розмір, мм	Допуск	Граничні розміри, мм		Граничні припуски, мм	
	$R_{z_{i-1}}$	$h_{i-1}$	$\Delta_{\Sigma_{i-1}}$	$\varepsilon_i$				Нм.	Нб.	Нм.	Нб.
Заготовка	80	100	44	-		42,318	1,00	43,0	44,0		
Точіння	50	50	3	60	$2 \times 284$	41,750	0,25	41,75	42,0	1,25	2,0

Визначаємо найбільші граничні розміри шляхом додавання допуску до заокругленого найменшого граничного розміру:

$$L_{\text{нб точ.}} = L_{\text{нм дет.}} + T_{\text{дет.}} = 41,75 + 0,25 = 42,0 \text{ мм}$$

$$L_{нб\ заг.} = L_{нм\ заг.} + T_{заг.} = 43,0 + 1,0 = 44,0 \text{ мм}$$

Визначаємо найбільші припуски як різницю найбільших граничних розмірів попереднього і виконуваного переходів:

$$2Z_{нб} = L_{нб\ заг.} - L_{нб\ дет.} = 44,0 - 42,0 = 2,0 \text{ мм}$$

Визначаємо найменші припуски як різницю найменших граничних розмірів попереднього та виконуваного переходів:

$$2Z_{нм} = L_{нм\ заг.} - L_{нм\ дет.} = 42,0 - 41,75 = 0,25 \text{ мм}$$

Виконуємо перевірку правильності розрахунку за формулою:

$$T_{заг.} - T_{дет.} = 2Z_{нб. заг.} - 2Z_{нм. заг.}$$

$$1,0 - 0,25 = 2,0 - 1,25 \text{ – розрахунок зроблено правильно.}$$

Визначаємо загальний номінальний припуск:

$$2Z_{ном.} = 2Z_{нм} + H_з - H_д ,$$

де  $H_з$  – нижнє відхилення заготовки,  $H_з = 0,50$  мм;  $H_д$  – нижнє відхилення деталі,  $H_д = 0,25$  мм.

$$2Z_{ном.} = 1,25 + 0,50 - 0,25 = 1,5 \text{ мм.}$$

Визначаємо загальний номінальний розмір заготовки:

$$L_{ном. заг.} = L_{ном. дет.} + 2Z_{ном} = 42,0 + 1,5 = 43,5 \text{ мм}$$

На основі розрахунку будуємо схему розміщення припусків, допусків та граничних розмірів при точінні торця заготовки у розмір  $42,0_{-0,25}$  мм. (рис. 2.8).

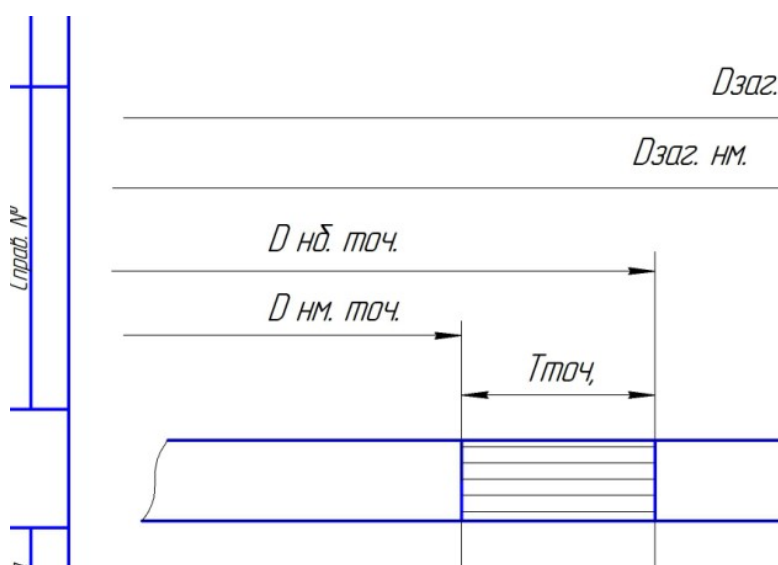


Рис. 2.8 - Схема розміщення припусків, допусків та граничних розмірів при точінні торця заготовки в розмір 42,0<sub>-0,25</sub> мм

### 2.7.3 Вибір припусків табличним методом

Припуски на оброблювані поверхні деталі «Черв`як» вибираємо за рекомендаціями [5]. Результати заносимо у табл. 2.7.

Таблиця 2.7 – Розрахункові та табличні припуски на поверхні заготовки

Поверхня	Розмір	Припуск		Допуск
		табличний	Припуск розрахунковий	
1	2	3	4	5
Торець	42	2×2,0	2×1,6	±0,5
Зовнішня циліндрична поверхня	Ø11,6	2× 1,5	2×2,5	+0,2 -0,5

### 2.8 Аналітичний розрахунок та вибір режимів різання

При фрезеруванні радіального паза шириною 0,6 мм та свердлуванні отвору діаметром 2 мм використовуємо універсальні верстати та розраховуємо режими різання за загальноприйнятою методикою [6].

Основну токарну обробку виконуємо на верстаті HAAS ST-10Y за допомогою інструментів, що оснащені пластинками Sandvik Coromant.



Рис. 2.9 - Токарно-револьверний верстат мод. HAAS ST-10Y

Характеристики верстата приведені у табл. 2.8

Таблиця 2.8 – Характеристики верстата мод. HAAS ST-10Y

Найменування параметра	Одиниця вим.	Величина
11	2	3
Максимальний діаметр точіння над станиною	мм	641
Максимальний діаметр точіння над супортом	мм	413
Максимальна довжина обробки зовнішніх поверхонь	мм	336
Діаметр отвору в шпинделі	мм	59
Діаметр отвору в тяговій гідравлічній трубі	мм	46
Максимальний діаметр прутка в головному шпинделі	мм	44
Максимальний діаметр оброблюваної деталі з револьвером VDI	мм	178
Величина робочого переміщення по осі X	мм	356
Величина робочого переміщення по осі	мм	356
Максимальна швидкість холостого переміщень	м / хв.	30,5
Максимально допустиме зусилля по осі X	кН	14,68
Максимально допустиме зусилля по осі	кН	14,68
Тип інструментального револьвера		VDI
Кількість позицій в револьвері		12
Перетину корпусів різців	мм	25x25
Час зміни інструменту	сек.	0,5
Точність позиціонування супорта	мм	± 0,005
Повторюваність позиціонування супорта	мм	± 0,0025

Частота обертання шпинделя	об / хв	6000
----------------------------	---------	------

Закінчення табл. 2.8

1	2	3
Максимальна потужність приводу обертання головного шпинделя	кВт	11,2
Габаритні розміри верстата (довжина × ширина × висота)	мм	2921×2108 ×1930
Маса верстата	кг	2268

Режими різання визначаємо на основі програми, розробленою фірмою Sandvik Coromant - Coro Plus Tool Guide та традиційном методом – за емпіричними формулами, що приведені в [6].

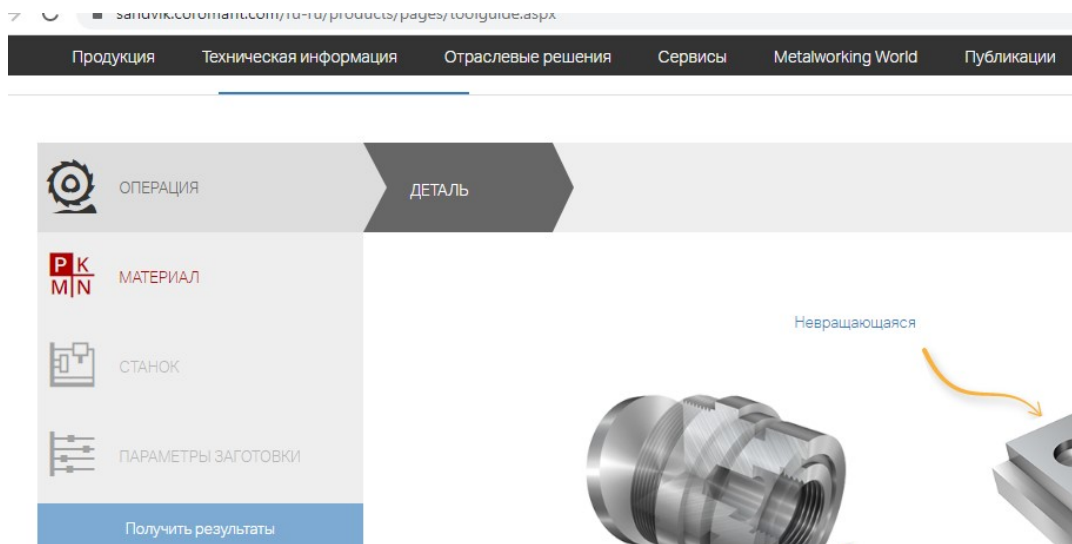
Сталь 40X13 за класифікацією Sandvik Coromant відноситься до сталей групи - нержавіючі сталі феритного класу, вміст хрому у сталі вище 12%.

Хром вступає в реакцію з киснем (O), утворюючи на поверхні стали пасивуючий шар  $Cr_2O_3$ , який захищає матеріал від корозії. Оброблюваність нержавіючої сталі залежить від легуючих елементів, термообробки і методу отримання заготовки (поковка, лиття та ін.)

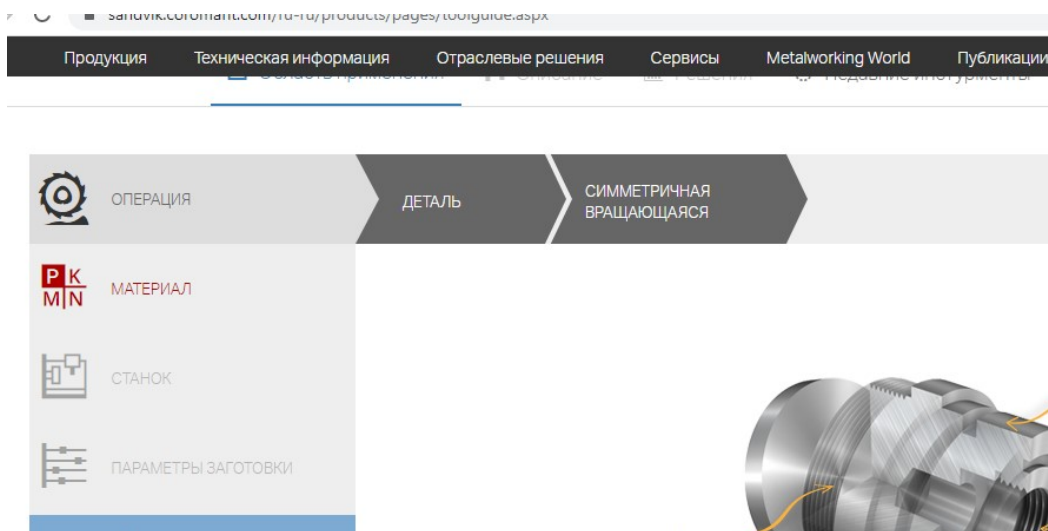
Як правило, оброблюваність погіршується в міру збільшення вмісту легуючих добавок. Сталь при різанні дає довгу зливну стружку, задовільний контроль над стружкодроблінням для феритних/мартенситних матеріалів, проте він значно ускладнюється для аустенітних марок.

Послідовність вибору режимів різання за програмою Coro Plus Tool Guide

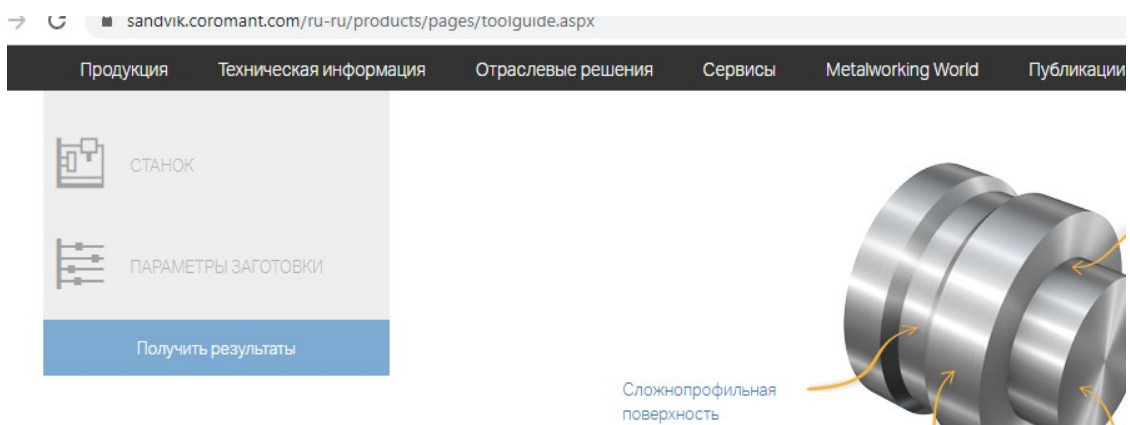
1. Визначається вид оброблюваної деталі: тіло обертання чи така, що не обертається.



## 2. Визначається вид обробки



## 3. Вибирається вид поверхні, що обробляється



4. Після вибору виду поверхні у розрахункову форму вводяться параметри поверхні та вид матеріалу.

## 2.8.1 Визначення режимів різання на точіння торця Coro Plus Tool Guide

### 1. Підрізання торця

Інструмент – різець CoroTurn TR SRDCN 2020K 10-A, оснащений пластиною RCMT 10T3 MP-H7 222

The screenshot shows the CoroPlus ToolGuide interface. On the left, a yellow box indicates the material: **M** 200 HB M1 0.2 AQ Аустенитная нержавеющая сталь. Below it, the machine is identified as a lathe (Токарный станок 03 - Средний (патрон 6-12')), with a power of 25 kW and 4000 1/min. Input parameters include a diameter of 14 mm and a width of 1 mm. The tool selected is SRDCN 2020K 10-A (Instrument) with RCMT 10 T3 MP-H7 2220 (Plate). The cutting parameters table is as follows:

ШАГИ		1
ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА		
Скорость резания VC	166	m/min
Подача на оборот FN	0.667	mm
Число проходов в направлении AP	1	NOPAP
Глубина резания	1	

This screenshot shows a detailed view of the cutting parameters. A warning icon (1) indicates a preliminary operation. The parameters table is:

VC [m/min]	FN [mm]	NOPAP	AP [mm]
166	0.667	1	1

RPMX [1/min]	PPCX [kW]	MMCX [Nm]
4000	5.27	13.3

ПОЯСНЕНИЕ  
 1 Предварительная обработка

CoroTurn 107  
 SRDCN 2020K 10-A Инструмент  
 RCMT 10 T3 MP-H7 2220 Пластина

Соединение  
 Rectangular shank - metric: 20 x 20

## 2.8.2 Чорнове точіння контуру

Інструмент – різець CoroTurn TR QS-SRDCN 202025-10XC,  
оснащений пластиною RCMT 10T3 MP-H7 222

The screenshot shows the Sandvik Coromant ToolGuide interface. On the left, there are input fields for tool parameters: Обрабатываемый диаметр DMS (14 mm), Обработанный диаметр DME (12 mm), Обрабатываемая длина LM (50 mm), and Шероховатость Ra в продольном направлении RRA. The main area displays the selected tool: CoroTurn 107 (QS-SRDCN-202025-10XC) and the insert: RCMT 10 T3 MP-H7 2220. On the right, a table lists cutting parameters:

ШАГИ	
ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА	
Скорость резания VC	151 m/min
Подача на оборот FN	0.667 mm
Число проходов в направлении AP NOPAP	1
Глубина резания	1

The screenshot shows the detailed cutting parameters page. A table lists the following values:

VC [m/min]	FN [mm]	NOPAP	DMS [mm]
СКОРОСТЬ РЕЗАНИЯ	ПОДАЧА НА ОБОРОТ	ЧИСЛО ПРОХОДОВ В НАПРАВЛЕНИИ AP	ОБРАБАТЫВАЕМЫЙ ДИАМЕТР
151	0.667	подача на оборот	14

DME [mm]	AP [mm]	RPMX [1/min]	PPCX [1k]
ОБРАБОТАННЫЙ ДИАМЕТР	ГЛУБИНА РЕЗАНИЯ	МАХ ЧАСТОТА ВРАЩЕНИЯ	МАКСИМАЛЬНАЯ ПОДАЧА
12	1	4000	4.79

ПОЯСНЕНИЕ

- 1 Предварительная обработка

CoroTurn 107

- QS-SRDCN-202025-10XC Инструмент
- RCMT 10 T3 MP-H7 2220 Пластина

ПОЯСНЕНИЕ

- 1 Предварительная обработка

## 2.8.3 Чистове точіння контуру

Інструмент – різець CoroTurn TR G4-TR-V13HBR-27050C,  
оснащений пластиною TR-VB308-F 1125

The screenshot shows the Sandvik Coromant website interface. The browser address bar displays `sandvik.coromant.com/ru-ru/products/Pages/toolguide.aspx`. The navigation menu includes: Продукция, Техническая информация, Отраслевые решения, Сервисы, Metalworking World, Публикации, and О компании.

The main content area features a yellow banner with the letter 'M' and '200 HB M1.0 Z AQ Аустенитная нержавеющая сталь'. Below this, a grey box specifies the machine: 'Точарный станок 03 - Средний (патрон 6-12)', '25 kW, 4000 1/min', and icons for coolant and chip control.

On the left, a list of parameters is shown with input fields: Обрабатываемый диаметр DMS (12,2 mm), Обработанный диаметр DME (11,8 mm), Обрабатываемая длина LM (50 mm), and Мах радиус при вершине REX (1 mm). A 'Шероховатость Ra' field is partially visible.

The central part shows the selected tool: CoroTurn TR, C4-TR-V13HBR-27050C (Инструмент), and TR-VB1308-F 1125 (Пластина). Below this, it lists the workpiece: 'Сарто (разжимной цапговый механизм и болт) - размер C4' and the interface: 'Интерфейс со стороны сарто (разжимной цапговый механизм и болт) - размер C4'.

On the right, a 'ШАГИ' section is active, showing 'ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА' with parameters: Скорость резания VC (148 m/min), Подача на оборот FN (0.301 mm), Число проходов в направлении AP NORAP (1), and Глубина резания (0.2 mm).

This screenshot shows a different view of the Sandvik Coromant website. The browser address bar is the same. The navigation menu is identical.

The main content area features a table of parameters:

DME [mm]	AP [mm]	RPMX [1/min]	PPCX [K]
ОБРАБОТАННЫЙ ДИАМЕТР	ГЛУБИНА РЕЗАНИЯ	МАХ ЧАСТОТА ВРАЩЕНИЯ	МАКСИМАЛ
11.8	0.2	4000	0.542

Below the table, a 'ПОЯСНЕНИЕ' section is active, showing '1 Предварительная обработка'. Below this, the tool selection is repeated: CoroTurn TR, C4-TR-V13HBR-27050C (Инструмент), and TR-VB1308-F 1125 (Пластина). Below this, it lists the connection: 'Соединение Сарто (разжимной цапговый механизм и болт) - размер C4', the tool type: 'СОЖ Внутренний', and the coolant: 'Эмульсия 10%'.

## 2.8.4 Відрізання деталі

Інструмент – різець Coro Cut N1230 15-25A2, оснащений  
пластиною N12302-0150-0002-CM 1125

CoroPlus ToolGuide

sandvik.coromant.com/ru-ru/products/pages/toolguide.aspx

Продукция    Техническая информация    Отраслевые решения    Сервисы    Metalworking World    Публикации    О компании

**M** 200 HB  
M1.0.Z.AQ  
Аустенитная нержавеющая сталь

Токарный станок 03 - Средний (патрон 6-12)  
25 kW, 4000 1/min

Обрабатываемый диаметр DMS 14 mm  
Стоимость ед. длины материала заготовки WKPPLCOST 90 €/m  
Ширина резания SW 0 mm  
Min ширина резания SWN 0 mm

CoroCut 1-2

N123D15-25A2 Инструмент  
N123D2-0150-0002-CM 1125 Пластина

Лезвие для отрезки и обработки канавок - размер 25  
Стойкость, дет. 1400

ШАГИ 1 2

ОТРЕЗКА, РЕКОМЕНДУЕМАЯ ПОДАЧА

Скорость резания VC 156 m/min  
Подана на оборот FN 0.1 mm  
Max частота вращения RPMX 4000 1/min

CoroPlus ToolGuide

sandvik.coromant.com/ru-ru/products/pages/toolguide.aspx

Продукция    Техническая информация    Отраслевые решения    Сервисы    Metalworking World    Публикации    О компании

ПОЯСНЕНИЕ

1 Отрезка, рекомендуемая подача  
2 Отрезка, уменьшенная подача

CoroCut 1-2

N123D15-25A2 Инструмент  
N123D2-0150-0002-CM 1125 Пластина

DMS [mm]	NORAP	AP [mm]	VC [m/m]
14	1	1.5	156
1	1	1.5	156

FN [mm]	RPMN [1/min]	RPMX [1/min]	PPC [kW]
0.1	3560	4000	1.45
0.025	4000	4000	0.59

ТССТ [с]
0.984
0.3

### 2.8.5 Аналітичний розрахунок режимів різання при свердлуванні отвору Ø 2,0 мм.

Устаткування - вертикально-свердлувальний верстат мод. 2Н118.

Інструмент – свердло спіральне, Ø2,0 мм, Р6М5, ГОСТ 14952-75. [6]

Глибина різання при свердлуванні отвору

$$t = \frac{D}{2} = \frac{2,0}{2} = 1,0 \text{ мм},$$

де  $D$  – діаметр оброблюваного отвору, мм,  $D = 2,0$  мм.

Подача на оберт  $S_o = 0,1$  мм/об [6], табл.25.

Визначаємо швидкість різання згідно формули:

$$V = \frac{C_v D^{q_v}}{T^m S^{y_v}} K_v.$$

де  $C_v$  - постійний коефіцієнт;  $q_v, m, x_v, y_v$  - показники степенів,  $C_v = 9,8$ ;  $q_v = 0,4$ ;  $m = 0,2$ ;  $y_v = 0,5$  [6], табл. 28;

Знаходимо період стійкості свердла:  $T = 25$  хв. [6], табл.30.

Загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання

$$K_v = K_{M_v} K_{U_v} K_{L_v},$$

де  $K_{M_v}$  - коефіцієнт, що ураховує характеристики оброблюваного матеріалу заготовки,

$$K_{M_v} = C_m \left( \frac{750}{\sigma_s} \right)^{n_v},$$

де  $C_m = 1,0$ ;  $n_v = 0,9$ . [6], табл. 9,  $\sigma_s = 610$  МПа, тоді  $K_{M_v} = 1,0 \left( \frac{750}{610} \right)^{0,9} = 1,2$ ;

$K_{U_v}$  - коефіцієнт, що ураховує характеристики матеріалу інструменту,

$K_{U_v} = 1,0$  [6], табл. 15;  $K_{L_v}$  - коефіцієнт, ураховуючий глибину оброблюваного

отвору,  $K_{L_v} = 1,0$ ; [6], табл.6.

Тоді  $K = 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,2$ .

$$V = \frac{6,8 \cdot 2,0^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 0,1^{0,7}} \cdot 1,2 = 29,3 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 29,3}{3,14 \cdot 2,0} = 4679,1 \text{ об/хв.}$$

Згідно паспортних даних верстата приймаємо  $n_0 = 2000$  об/хв.

Знаходимо дійсну швидкість різання

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n_o}{1000} = \frac{3,14 \cdot 2,0 \cdot 2000}{1000} = 12,56 \text{ м/хв.}$$

Осьова сила  $P_o, H$ , при свердлуванні отвору

$$P_o = C_p D^{q_p} S^{y_p} K_p ;$$

де  $C_p$  – постійний коефіцієнт і  $q_p, y_p$  – показники степенів,

$$C_p = 68; q_p = 1,0; y_p = 0,7 [6], \text{ табл.32};$$

Коефіцієнт  $K_p = K_{M_p}$ , де  $K_{M_p} = \left(\frac{O_6}{750}\right)^n$ , де  $n = 0,3 [6]$ , табл. 9;

$$K_{M_p} = \left(\frac{610}{750}\right)^{0,3} = 0,93;$$

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 2,0^{1,0} \cdot 0,1^{0,8} \cdot 0,93 = 231,3 \text{ Н.}$$

Знаходимо момент різання при свердлуванні:

$$M = 10 C_M D^{q_M} S^{y_M} K_p ,$$

де  $C_M$  – постійний коефіцієнт;  $q, y$  – показники степенів,

$$C_M = 0,0345; q = 2,0; y = 0,8 [7], \text{ табл. 32};$$

$K_p$  – поправочний коефіцієнт,  $K_p = K_{M_p} = 0,93$  ;

$$M = 10 \cdot 0,0345 \cdot 2,0^{2,0} \cdot 0,1^{0,8} \cdot 0,93 = 0,258 \text{ Н м}$$

Знаходимо потужність різання при свердлуванні, кВт:

$$N = \frac{M \cdot n}{9750} = \frac{0,2581 \cdot 2000}{9750} = 0,06 \text{ кВт.}$$

Дане значення потужності різання повинне відповідати умові

$$N \leq 1,2 \cdot N_o \cdot \eta .$$

де  $N_o$  - потужність двигуна верстата, кВт;  $\eta$  - коефіцієнт корисної дії,  $\eta = 0,75$ ;

$5,5 \cdot 0,75 \cdot 1,2 > 0,06$ - умова забезпечення потужності виконується.

Основний час обробки отвору

$$T_o = \frac{L_{p.x.}}{S_o \cdot n},$$

де  $L_{p.x.}$  - довжина робочого ходу свердла;  $L_{p.x} = L_{piz.} + y$ ,

де  $L_{різ}$  - довжина різання,  $L_{різ} = 7$  мм,  $y$  – довжина підводу, врізання і перебігу інструменту.  $y = 2$  мм [7], с.303.

$$T_o = \frac{7 + 2}{0,1 \cdot 2000} = 0,045 \text{ хв.}$$

### 2.8.6 Фрезерування паза на торці

Глибина різання  $t = 1,4$  мм

Вибираємо подачу на зуб при фрезеруванні  $S_z = 0,04$  мм/зуб [6], с.89, карта Ф-2.

Знаходимо швидкість різання, м/хв:

$$V = V_{табл.} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3,$$

де  $V_{табл.}$  - швидкість різання по таблиці,  $V_{табл.} = 40$  м/хв., [7], карта Ф-4;

$K_1, K_2, K_3$  - поправочні коефіцієнти;

$K_1$  - коефіцієнт, що визначається оброблюваним матеріалом,  $K_1 = 1,0$ ;

$K_2$  - коефіцієнт, що визначається інструментальним матеріалом,  $K_2 = 0,8$ ;

$K_3$  - коефіцієнт, що визначається видом обробки,  $K_3 = 1,0$  [7], с.100.

$$V = 40 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,0 = 32 \text{ м/хв.}$$

Знаходимо частоту обертання шпинделя, об/хв:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 32}{3,14 \cdot 63} = 161,7 \text{ об/хв.}$$

Отримане значення підбираємо по паспорту верстата

$$n_d = 150 \text{ об/хв.}$$

Дійсна швидкість різання

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n_d}{1000} = \frac{3,14 \cdot 63 \cdot 150}{1000} = 29,7 \text{ м/хв.}$$

$$\text{Потужність різання, кВт: } N_p = E \frac{V \cdot b \cdot z_u}{1000} \cdot K_1 \cdot K_2,$$

кВт [9], с.102;  $z = 16$ .  $b = 4$  мм,  $K_1 = 1,0$ ,  $K_2 = 1,0$

$$N_p = 0,1 \frac{29,7 \cdot 4 \cdot 0 \cdot 16}{1000} \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,19 \text{ кВт.}$$

$$\text{Тангенціальна сила різання } P_z = \frac{9750 \cdot N}{V} = \frac{9750 \cdot 0,19}{29,7} = 62,4 \text{ Н}$$

$$\text{Момент різання } M_p = \frac{P_z \cdot D}{2} = \frac{62,4 \cdot 0,063}{2} = 1,96 \text{ Н м.}$$

Основний час обробки

$$T_o = \frac{L_{p.x.}}{S_z \cdot z \cdot n},$$

де  $L_{p.x.}$  - довжина робочого ходу,  $L_{p.x.} = 35 \text{ мм}$

$$T_o = \frac{35}{0,04 \cdot 23 \cdot 150} = 0,25 \text{ хв.}$$

Режими різання по всім переходам обробки деталі зводимо у табл. 2.11.

Таблиця 2.11 - Режими різання при обробці деталі "Черв`як"

№ оп.	1. Зміст операції	$t,$ мм	$S_o,$ мм/об	$S_z,$ мм/з уб	$S_{xв.},$ мм/х в	$V_o,$ м/хв	$n_d,$ об/хв	$L_p,$ мм	$t_o,$ хв.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
005	<u>Токарна з ЧПК</u> 1.Точити торець	2,0	0,3	-	600	188,4	2000	20	0,033
	2.Свердлувати центровий отв.	1,05	0,12	-	240	19,1	2000	9	0,040
	3.Точити зовнішні циліндричні поверхні по контуру начорно	2,0	0,2	-	780	380	3900	840	1,08
	4.Точити зовнішні циліндричні поверхні по контуру начисто	0,5	0,15	-	660	380	4400	160	0,16
	5.Відрізати заготовку	0,1	0,1	-	484	380	4840	27	0,06
010	<u>Токарна з ЧПК</u> 1.Точити зовнішні циліндричні поверхні по контуру начорно	2,0	0,2	-	968	380	4840	84	0,31

	2.Точити зовнішні циліндричні поверхні по контуру начисто	0,5	0,15	-	660	380	4400	84	0,70
	2. Точити червяк	1,75	2,513		6200	125	2490	20	0,19
015	Вертикально-свердловальна 1. Свердлувати отвір напрохід	1,5	0,1	-	200	2000	19,1	16	0,106
020	Горизонтально- фезерна 1.Фрезерувати паз на торці деталі	1,4	0,60	0,04	90	150	29,7	35	0,36
025	Круглошліфувальна Шліфувати поверхні в розмір 5h7	0,3	0,005	35	1112	35	35	800	0,05
030	Круглошліфувальна Шліфувати поверхні в розмір 11,6-0.011	0,3	0,005	35	1112	35	35	800	0,05

## 2.9 Створення програми токарного оброблення деталі «Черв`як» у програмі Esprit

При створенні програми токарної обробки деталі «Черв`як» виконуються наступні дії:

1. Створення 3D моделі деталі «Черв`як» у програмі SolidWorks, завантаження її в середовище Esprit (рис. 2.9)

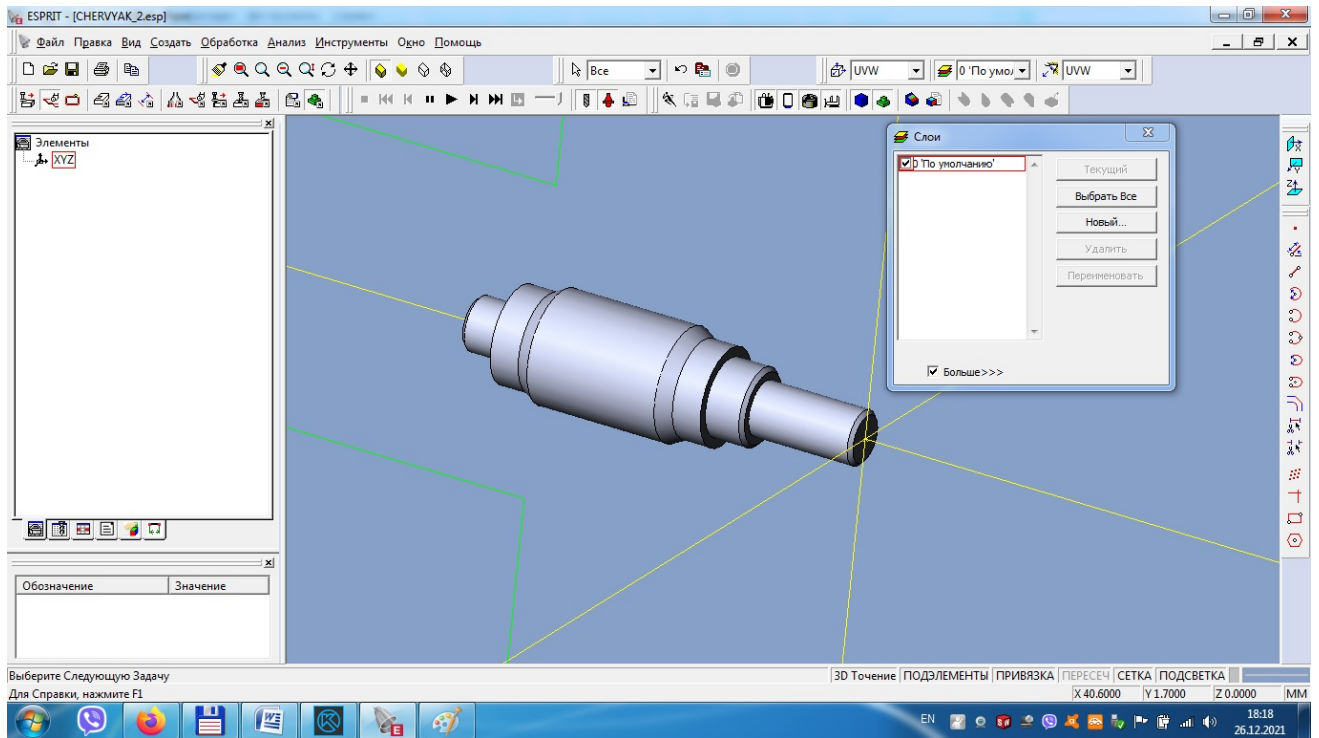


Рис. 2.9 - 3D модель деталі «Черв`як»

## 2. Розпізнавання елементів профіля деталі «Черв`як»

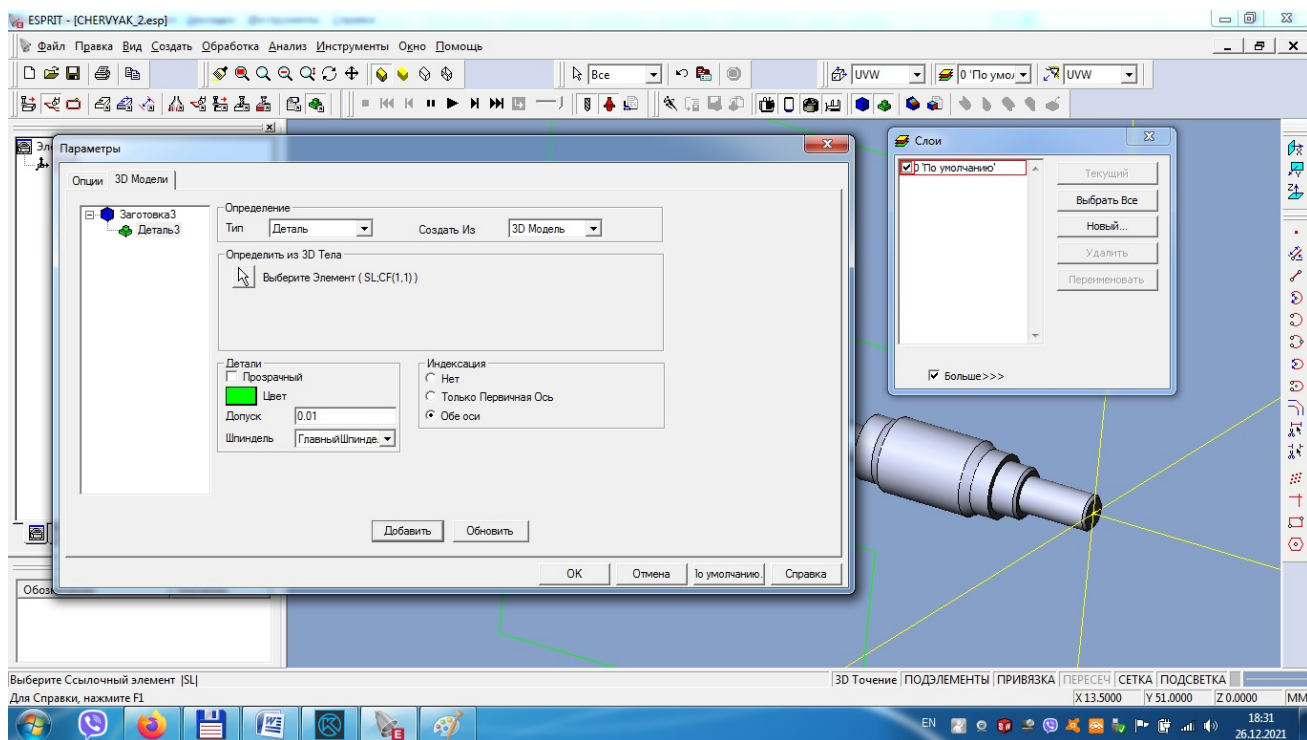


Рис. 2.10 – Розпізнавання елементів профілю деталі «Черв`як»

### 3. Відбирання типу обробки

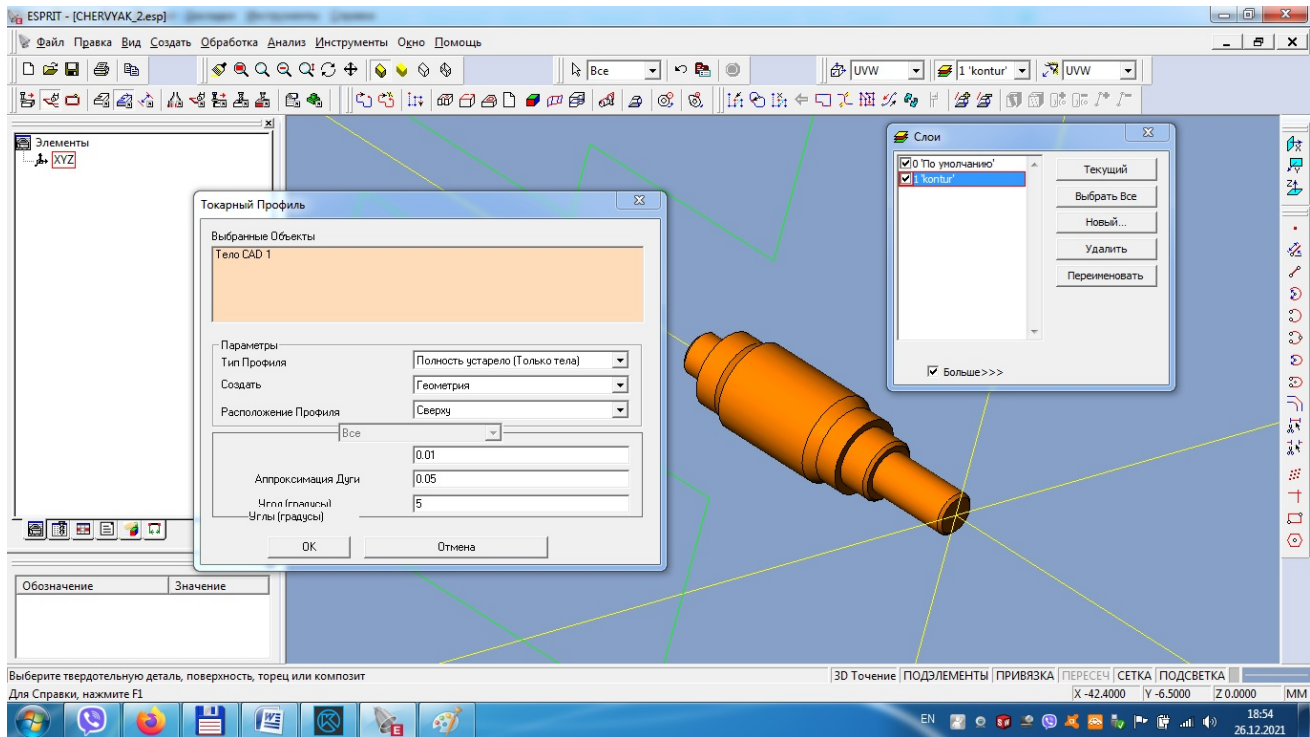


Рис. 2.11 – Відбирання типу обробки

### 4. Обрання інструменту і його значень

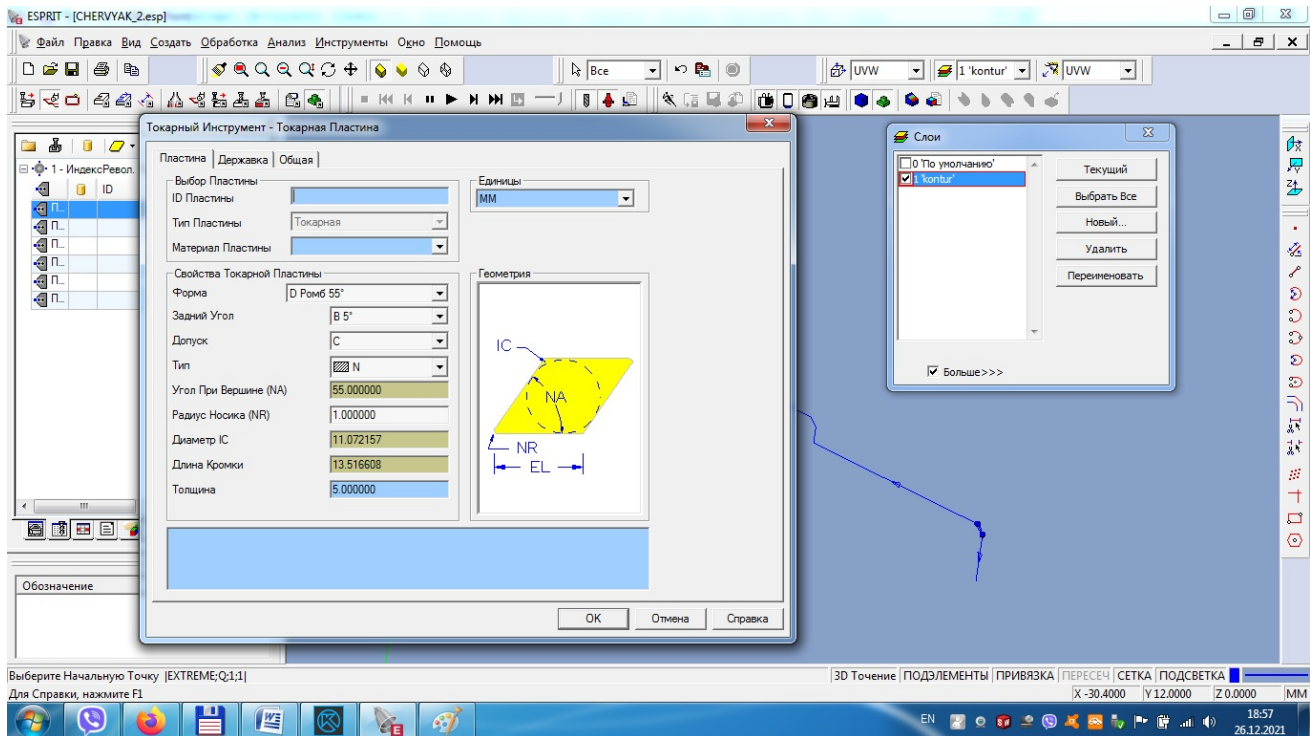


Рис. 2.12 – Вибір металообробного інструменту

## 5. Вибір типу оброблення

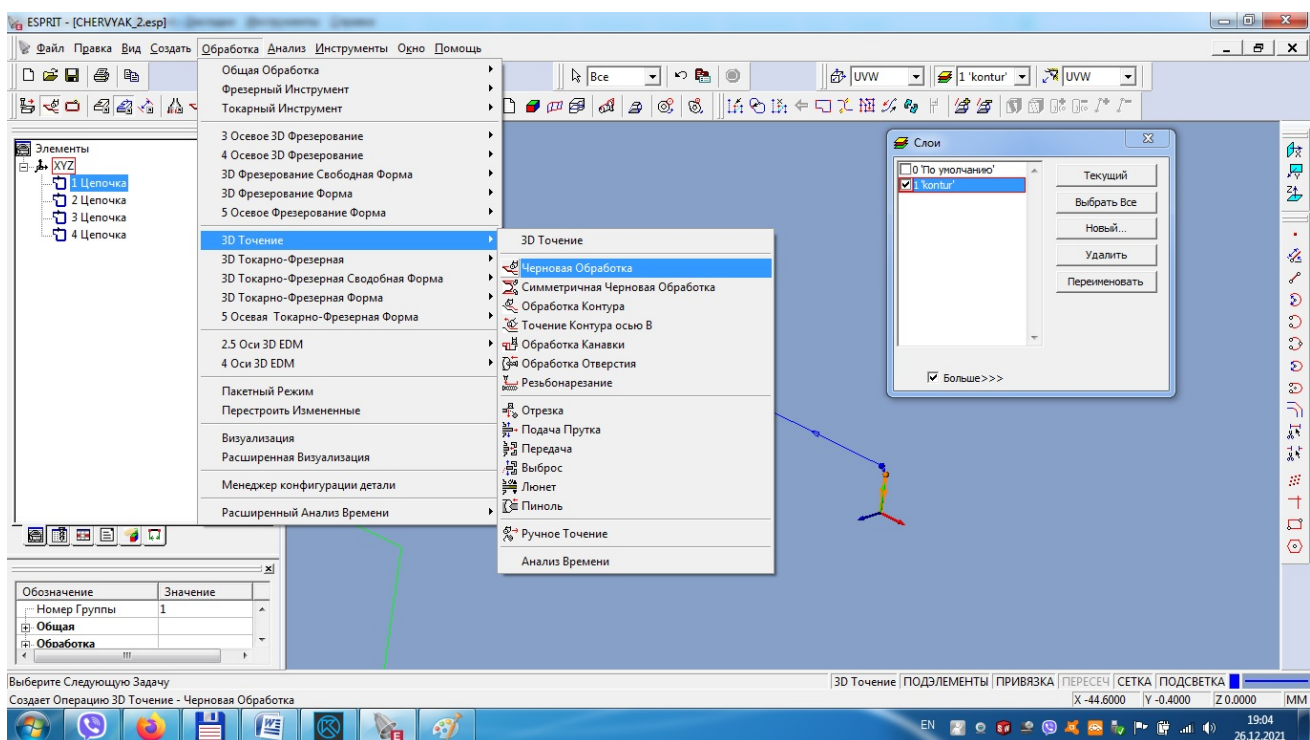


Рис. 2.13 – Вибір типу оброблення

## 6. Вибір режимів різання

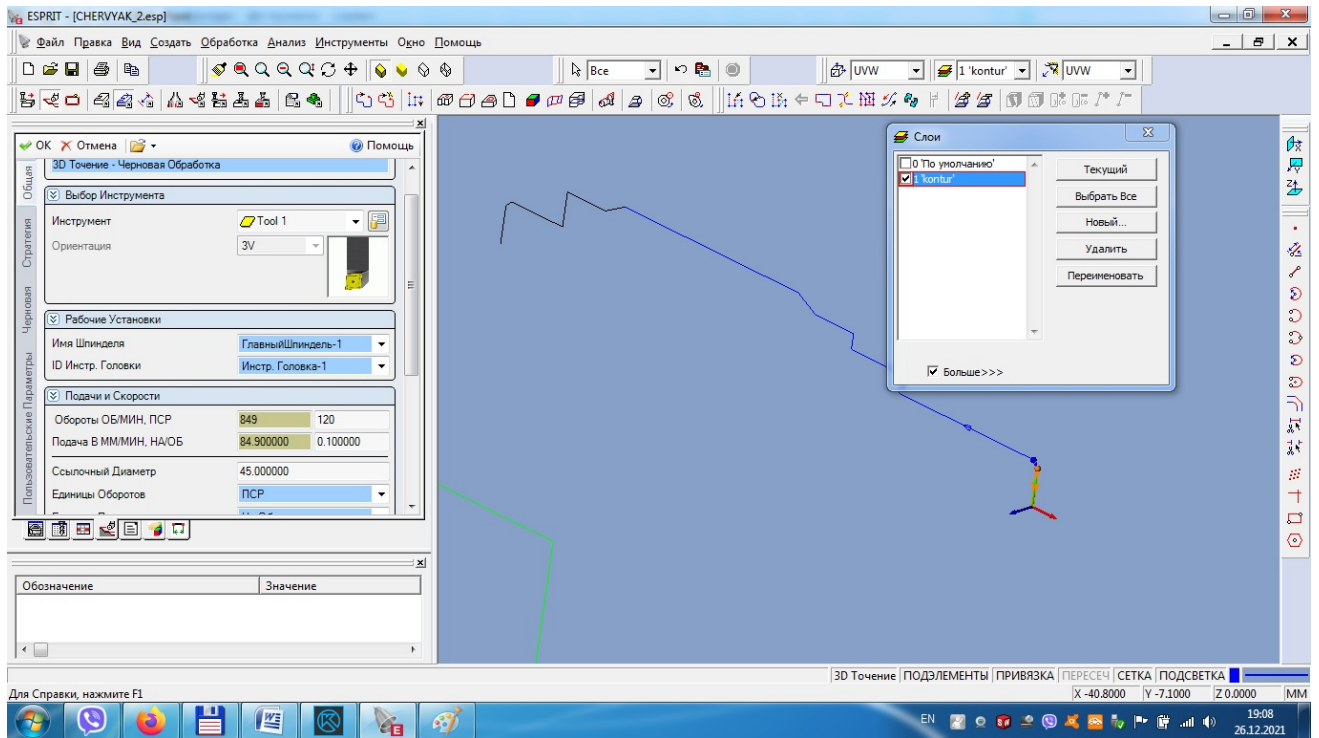


Рис. 2.14 - Вибір режимів різання

## 7. Траєкторію руху інструменту

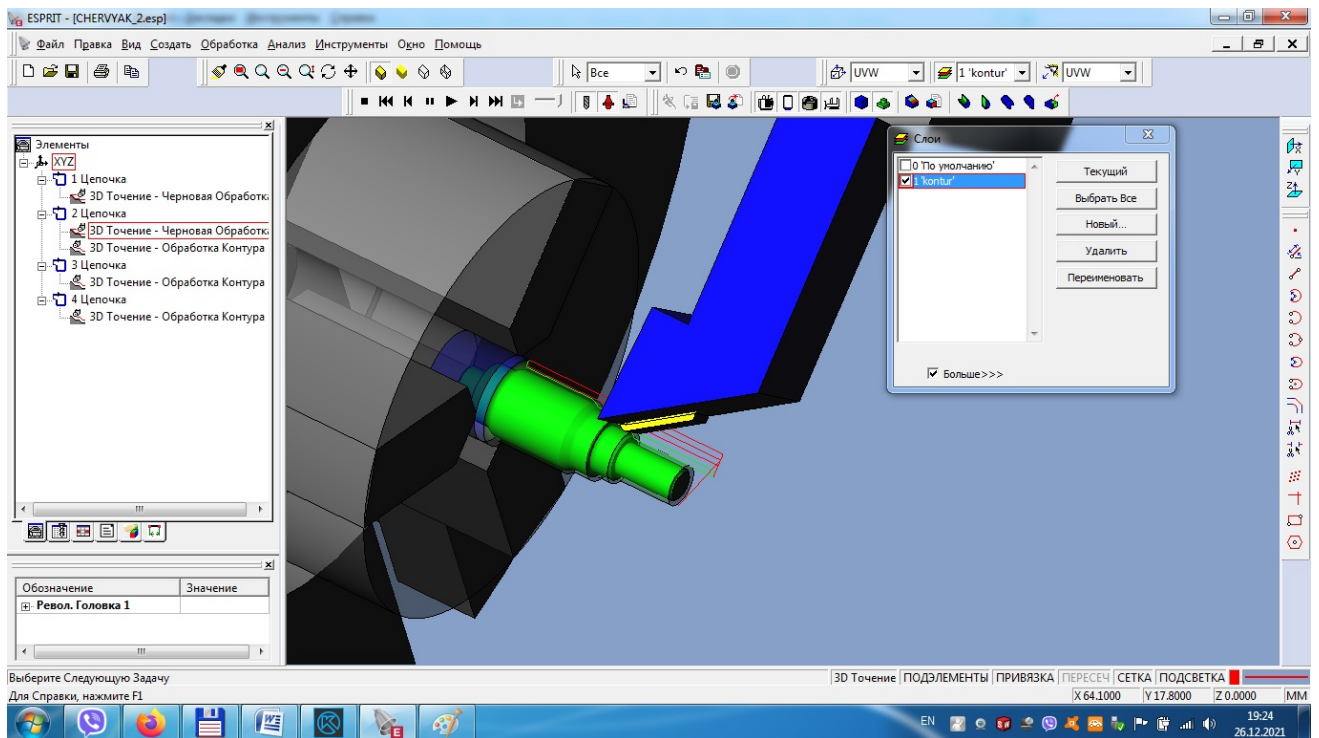


Рис. 2.15 – Траєкторія руху інструменту

## 8. Вивід програми для обробки

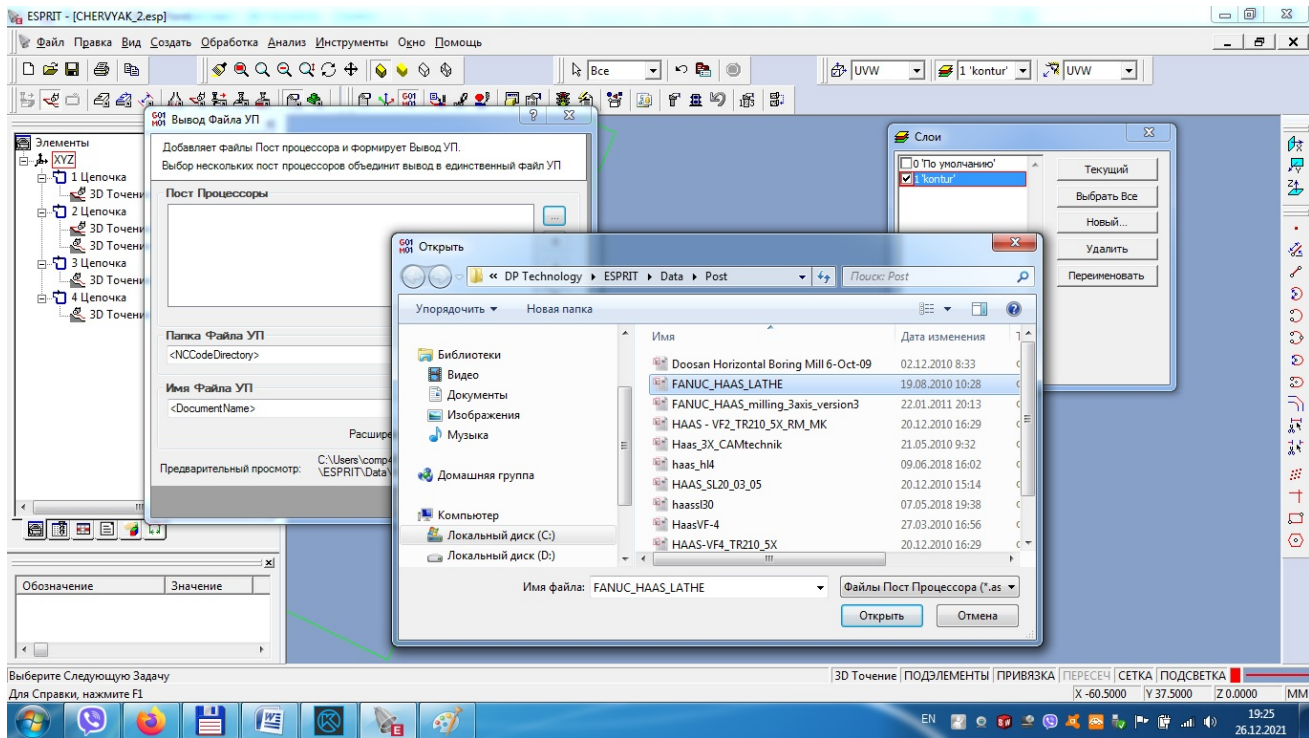


Рис. 2.16 - Вивід програми для обробки

## 9. Програма оброблення деталі в редакторі ESPRIT

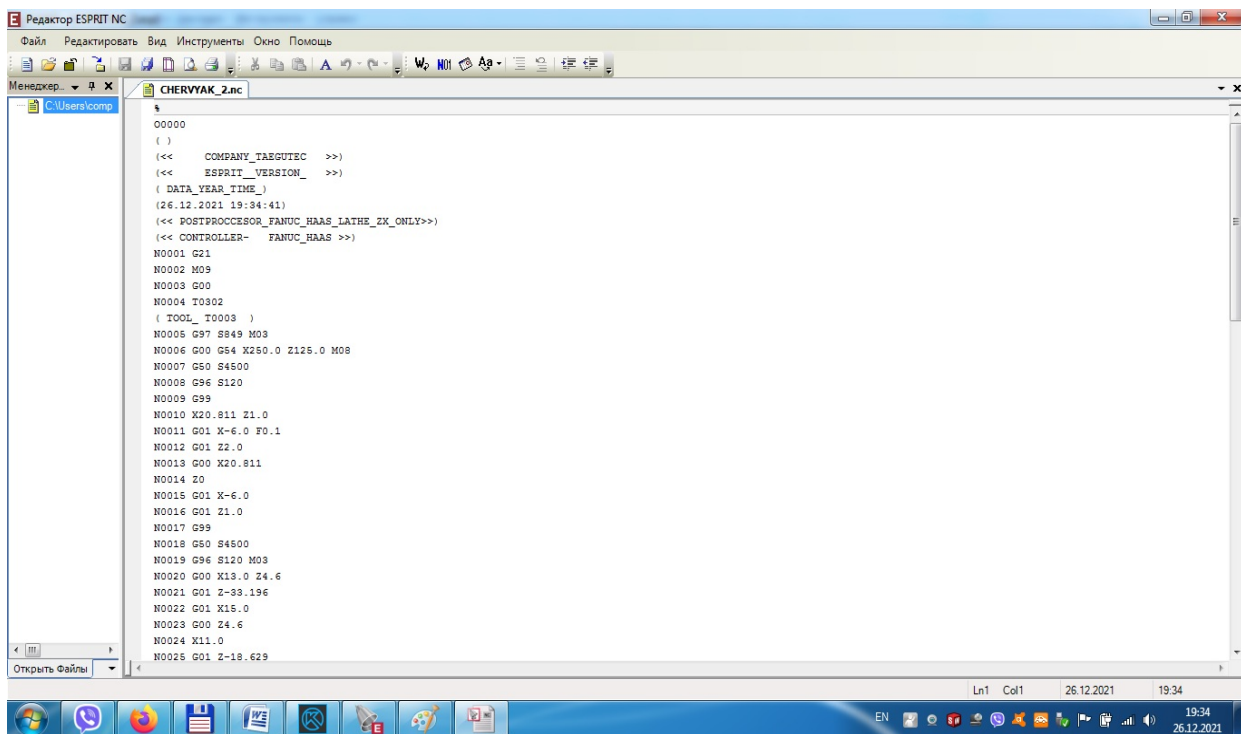


Рис. 2.17 - Програма обробки деталі «Черв`як» в редакторі ESPRIT

## 2.10. Розрахунок технічних норм часу на обробку деталі «Черв`як»

При розрахунку норм часу умов серійного виробництва розраховуємо норму штучно-калькуляційного часу  $T_{шт.к.}$

$$T_{шт.к.} = (T_{шт.} + T_{н.з.}/n),$$

де  $T_{шт.}$  - штучний час обробки деталі, хв.;

$$T_{шт.} = T_o + T_\delta + T_{обс.} + T_{відп.},$$

де  $T_o$  - машинний час, хв.;  $T_\delta$  - допоміжний час обробки, хв.;

Допоміжний час знаходиться:

$$T_\delta = T_{вст} + T_{з.о} + T_{кер} + T_{вим},$$

де  $T_{вст}$  - час зняття та установки деталі, хв.;

$T_{з.о}$  - час відкріплення та закріплення деталі, хв.

$T_{кер}$  - час, враховуючий прийоми керування верстатом, хв.

$T_{вим}$  - час вимірювання розмірів деталі, хв.

$T_{обс.}$  - час, враховуючий обслуговування робочого місця, хв.

$T_{відп.}$  - необхідний час на відпочинок, хв.

$T_{н.з.}$  - підготовчо-заклучний час обробки, хв.;

$n$  - кількість деталей в партії, шт;

$$n = \frac{N \cdot t}{\Phi},$$

де  $N$  - програма випуску деталей в рік, шт.;  $t_3$  - число днів, що враховують запас,  $t_3 = 12$ ;  $\Phi = 254$  число робочих днів на пррік.

$$n = \frac{1000 \cdot 12}{254} = 47,4 \text{ шт.}, \text{ приймаємо } 50 \text{ шт.}$$

### 2.8.1. Розрахунок норм часу на операцію 010 – Токарна з ЧПК

Основний час  $T_o = 1,124$  хв.

Допоміжний час  $T_\delta = T_{вст} + T_{кер} + T_{вим}$ ,

Визначаємо час на установку та зняття деталі

де  $(T_{вст} + T_{з.о})$  - час на установку деталі в цангу та її затиск,  $T_{вст} + T_{з.о} = 0,22$  хв [3] с.199.

$T_{кер}$  - час, що включає прийоми керування, і складається з часу на вмикання верстата - 0,01 хв; часу переміщення супорта в напрямку Z - 0,06 хв.; часу переміщення супорта в напрямку Y - 0,06 хв.; часу підведення ріжучого інструменту до деталі - 0,08 хв. [3], с.202...203.

Тоді  $T_{кер} = 0,01 + 0,06 + 0,06 + 0,08 = 0,21$  хв.

$T_{вим}$  - часу на виконання вимірювання деталі - 0,20 хв.; тоді

$$T_{\delta} = (0,22 + 0,21 + 0,20) \times 1,85 = 1,092 \text{ хв.}$$

Час оперативний  $T_{оп.} = T_o + T_{\delta}$

$$T_{оп.} = 1,124 + 1,092 = 2,216 \text{ хв.}$$

Час, враховуючий витрати на відпочинок та обслуговування робочого місця:

$$T_{об.} + T_{від.} = P_{об.від} \times ((T_o + T_{\delta}) / 100),$$

де  $P_{об.від}$  - норматив часу для обслуговування робочого місця, природні потреби і відпочинок для серійного виробництва;  $P_{об.від} = 6\%$ , [1], с.215.

$$T_{об.} + T_{від.} = 6/100 \times (1,124 + 1,092) = 0,132 \text{ хв.}$$

$$\text{Час штучний } T_{шт.} = 2,216 + 0,133 = 2,35 \text{ хв.}$$

Час підготовчо-заклучний включає час на установлення пристрою та наладку верстата  $T_{н.-з.} = 16$  хв.; часу для отримання інструменту  $T_{н.-з.} = 2$  хв.; час, що враховує додаткові прийоми  $T_{н.-з.} = 14$  хв.

$$T_{н.-з.} = 16 + 2 + 14 = 32 \text{ хв.}$$

$$\text{Час штучно-калькуляційний на операцію } T_{шт.-к} = 2,35 + 32/500 = 2,414 \text{ хв.}$$

Норми часу для інших операцій механічного оброблення деталі "Черв'як» знаходимо таким же чином і заносимо у табл. 2.9.

Таблиця 2.9 – Норми часу при обробці деталі «Черв`як»

№ оп.	Назва операції	$T_o$ , хв	$T_{доо}$ , хв.			$T_{оп.}$ , хв.	$T_{обс...від..}$ , хв.	$T_{шт.}$ , хв.	$T_{п-з}$ , хв.	N, шт.	$T_{шт-к}$ , хв.
			$T_{уст.}$	$T_{кер.}$	$T_{вим.}$						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
005	Токарна ЧПК	3 1,124	0,18	0,21	0,20	2,216	0,133	2,35	32	500	2,414
010	Токарна ЧПК	3 1,987	0,18	0,21	0,20	3,079	0,185	3,26	32	500	3,324
015	Вертикально-свердлувальна	0,088	0,21	0,20	0,15	1,124	0,067	1,19	32	500	1,255
020	Горизонтально фрезерна	0,482	0,21	0,20	0,15	1,518	0,091	1,61	32	500	1,673
025	Круглошліфувальна	0,70	0,21	0,20	0,15	1,736	0,104	1,84	32	500	1,94
030	Круглошліфувальна	0,230	0,21	0,20	0,15	1,266	0,076	1,34	32	500	1,41
											12,016

### 2.11 Оформлення технологічної документації

На розроблений технологічний процес оформляємо комплект технологічної документації ( додаток Б)

### 3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Проектування верстатного пристрою для обробки отвору  $\varnothing 2,0 \pm 0,1$  мм.

#### 3.1.1 Вибір схеми базування

Вибираємо схему базування [6] для оброблення наскрізного отвору  $\varnothing 2,0 \pm 0,1$  мм методом свердлування. При цій схемі базування заготовка встановлюється на оброблені циліндричні шийки  $\varnothing 8$  мм.

Схема базування заготовки при свердлуванні отвору  $\varnothing 2,0$  мм наведена на рис. 3.1.

Довга циліндрична поверхня (поверхні шийок) лишає заготовку 4-х степенів вільності. Для забезпечення точності розміщення отвору на відстані 5 мм від лівого торця, ставимо плоский упор до лівого торця деталі і ліквідуємо ще одну степінь вільності.

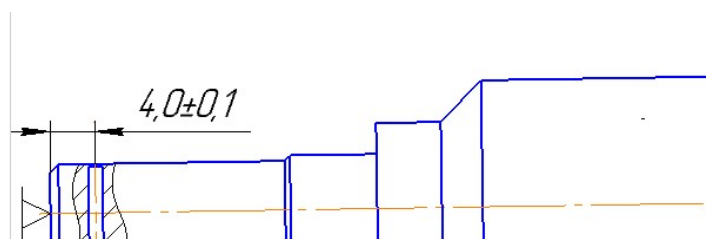


Рис. 3.1 – Схема базування заготовки

#### 3.1.2. Вибір установочних елементів,

Заготовка базується по зовнішнім обробленим циліндричним поверхням шийок деталі  $\varnothing 8$  мм на вузькі установочні призми з кутом  $2\alpha = 90^\circ$ . Базування по торцю забезпечується циліндричним упором, що має плоску поверхню.

### 3.1.3. Розрахунок пристрою на точність

При обробленні наскрізного отвору застосовуємо кондуктор із постійною кондукторною втулкою, що запресовується. Необхідно досягнути точності положення отвору  $\varnothing 2,0$  мм відносно торця (розмір  $4 \pm 0,1$ ).

Для забезпечення заданої точності оброблення у пристроєві повинна забезпечуватись умова:

$$\varepsilon_{\text{доп.}} \geq \varepsilon_y,$$

де  $\varepsilon_{\text{доп.}}$  – допустима сумарна похибка оброблення:

$$\varepsilon_{\text{доп.}} = T - k \cdot \omega;$$

де  $T$  – допуск на розмір по довжині розміщення отвору,  $T = 200$  мкм;

$\omega$  – точність оброблення, що допускає вертикально-свердлувальний верстат мод. 2Н118,

$$\omega = 0,01 \text{ мм};$$

$k$  – коефіцієнт поправки на точність оброблення,  $k = 1,0 \dots 1,1$  [11]. Приймаємо  $k = 1,1$ . Тоді:

$$\varepsilon_{\text{доп.}} = 200 - 1,1 \cdot 10 = 189 \text{ мкм}$$

$\varepsilon_y$  – похибка, що характеризує встановлення заготовки в пристрій. Обробка отвору виконується на прохід, при цьому бази технологічна та вимірювальна співпадають, тому  $\varepsilon_y = \varepsilon_\delta = 0$ ;

Таким чином  $\varepsilon_{\text{доп.}} \geq \varepsilon_y$  ( $189 > 0$ ), умова виконується і точність оброблення буде забезпечена.

### 3.1.4. Розрахунок сили затиску

Схема прикладення всіх сил, що діють на заготовку при затискові, показана на рис. 3.2.

При обробленні отвору  $\varnothing 2,0 \pm 0,1$  мм на заготовку впливають: момент різання при свердлуванні  $M_P$ ; сила різання осьова  $P_o$ , момент сил тертя  $M_{TI}$

між циліндричною поверхнею заготовки та опорною поверхнею плоского затиску; моменти сил тертя  $M_{T2}$ , що виникають на бокових поверхнях призм між циліндричною поверхнею заготовки та опорними поверхнями призм.

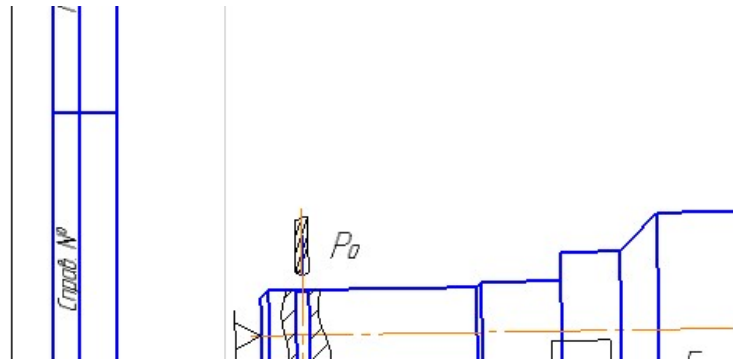


Рис. 3.2 – Визначення сили затиску

Під дією всіх моментів заготовка повинна знаходитись у положенні рівноваги. Умова рівноваги заготовки:

$$M_{T1} + M_{T2} \geq kM_p,$$

де  $M_{T1}$  - момент тертя, що виникає на циліндричній поверхні шийок заготовки, розраховується за формулою:

$$M_{T1} = F_{T1} \cdot \frac{D}{2},$$

де  $F_{T1}$  – сила тертя, що діє на поверхні шийки заготовки між циліндричною поверхнею заготовки та плоскою поверхнею затиску, Н м;

$$F_{T1} = (Q + P_o) \cdot f_1;$$

$f_1$  - коефіцієнт тертя, що діє на поверхні затиску,  $f_1 = 0,1$ ;

$D$  - діаметр заготовки,  $D = 11,6$  мм,

$P_o$  - сила різання, що діє вздовж вісі при свердлуванні  $P_o = 346,5$  Н, тоді;

$$M_{T1} = (Q + P_o) \cdot f_1 \cdot \frac{D}{2},$$

$M_{T2}$  - момент тертя на поверхнях призми, розраховується за формулою:

$$M_{T2} = 4F_{T2} \cdot \frac{D}{2},$$

де  $F_{T2}$  – сила тертя, що діє на опорній поверхні призми,

$$F_{T2} = f_2 \left( \frac{Q + P_o}{2} \cdot \frac{\cos \alpha / 2}{2} \right);$$

$f_2$  - коефіцієнт тертя, що діє на опорній поверхні призми,  $f_1 = 0,1$  [13];

$D_1$  - діаметр заготовки, тоді:

$$MT2 = 4 \left( f_2 \cdot \frac{Q + P_o}{2} \cdot \frac{\cos \alpha / 2}{2} \right) \cdot \frac{D_1}{2},$$

$D_1 = 8$  мм.

$k$  – коефіцієнт запасу, [13], с.266

Коефіцієнт запасу визначається із формули:

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6,$$

де  $k_0$  – гарантований коефіцієнт запасу,  $k_0 = 1,5$ ;

$k_1$  – коефіцієнт стану технологічної бази,  $k_1 = 1,0$  [13], с.267;

$k_2$  – коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання від спрацювання ріжучого інструменту,  $k_2 = 1,0$  [13], с.267;

$k_3$  – коефіцієнт, враховує умови оброблення;  $k_3 = 1,00$  [13], с.267;

$k_4$  – коефіцієнт, що враховує похибку пристрою затискного,  $k_4 = 1,0$  [13], с.268;

$k_5$  – коефіцієнт, що враховує зручність положення рукояток керування у пристроєві;  $k_5 = 1,0$  [13], с.268

$k_6$  – коефіцієнт, що залежить від моментів, що повертають заготовку щодо опор,  $k_6 = 1,2$  [13], с.268.

$$k = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,05 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,2 = 1,8.$$

$M_p$  - момент різання при свердлуванні отвору  $\varnothing 2,0$  мм,  $M_p = 0,58$  Н м.

$$(Q + P_o) \cdot f_1 \cdot \frac{D}{2} + 4 \left( f_2 \cdot \frac{Q + P_o}{2} \cdot \frac{\cos \alpha / 2}{2} \right) \cdot \frac{D_1}{2} \geq k M_p$$

Зусилля затиску  $Q$ :

$$Q = \frac{(2kM_p / D - P_o)(f_1 + 2f_2 \cdot \cos \alpha / 2)}{(f_1 + 2f_2 \cdot \cos \alpha / 2)} = \frac{(2 \cdot 1,8 \cdot 0,58) / 0,020 - 346,5 \cdot (0,1 + 2 \cdot 0,1 \cdot \cos 45^\circ)}{0,020 \cdot (0,1 + 2 \cdot 0,1 \cdot \cos 45^\circ)} = 238$$

Н.

### 3.1.5 Розрахунок приводу пристрою.

Зусилля затиску  $W$  утворюється плоским затиском, який переміщується вниз по циліндричній поверхні шпильки при закручуванні гайки з допомогою ключа гайкового. Схема механізму затиску приведена на рис. 3.3.

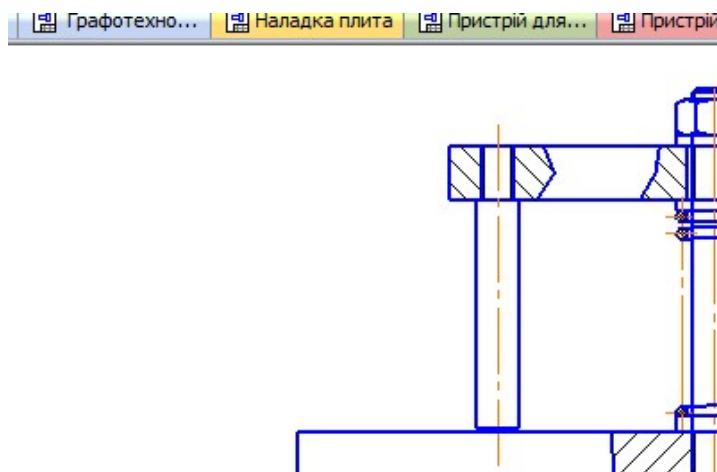


Рис. 3.3 – Схема механізму затиску

Крутний момент, що виникає на гайці, розраховується із формули:

$$M = (W \cdot \frac{l_1 + l_2}{l_2} + q) \cdot \frac{d_{cp}}{2} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}),$$

де  $l_1, l_2$  – плечі важеля, приймаємо  $l_1 = 50$  мм,  $l_2 = 50$  мм;  $\alpha = 20^\circ$ ;

$q$  – зусилля зворотної пружини, що вертає плоский затиск у початкове положення, приймаємо  $q = 100$  Н;  $d_{cp}$  – діаметр різьби середній,  $d_{cp} = 10,803$  мм;

$\alpha$  – кут підйому різьби,  $\alpha = 2^\circ 56'$  [ ], с. ;

$\varphi_{np}$  - кут тертя в різьбі, ( $\operatorname{tg} \varphi_{np}$  - коефіцієнт тертя приведений для профілю метричної різьби),  $\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) = 0,1521$ [12];  $Q = W = 238$  Н.

$$M = (238 \cdot \frac{50 + 50}{50} + 100) \cdot \frac{10,803}{2} \cdot 0,1521 = 540 \text{ Н мм.}$$

При стандартній довжині ключа гайкового  $L = 150$  мм, зусилля, що має прикладатися до ключа, буде дорівнювати:

$$P = \frac{M}{L} = \frac{540}{150} = 3,6 \text{ Н.}$$

### 3.1.6 Розрахунок елементів пристрою на міцність.

Перевіряємо на міцність з'єднання різьбове, за допомогою якого плоский затиск встановлюється на шпильці. Умова міцності різьби:

$$\frac{\pi d_1^2}{4} [\sigma_p] = W,$$

де  $d_1$  – діаметр різьби внутрішній,  $d_1 = 5,6$  мм;

$[\sigma_p]$  - напруження при розтягові, що допускається,  $[\sigma_p] = 95$  МПа.

$$d_{1\text{розр}} = \sqrt{\frac{4W}{\pi[\sigma_p]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 238}{3,14 \cdot 95 \cdot 10^6}} = 0,001 \text{ м.}$$

$d_{1\text{розр}} < d_1$  - умова міцності забезпечується.

### 3.1.7. Опис конструкції і роботи пристрою

Пристрій для свердлування отвору складається із стандартної базової прямокутної розміром  $360 \times 240 \times 60$  мм із Т – подібними пазами, що мають ширину 6 мм. На верхній площині плити в пазах при допомозі установочних пазових болтів встановлюються та закріплюються дві вузькі призми та упор. Для затиску заготовки використовується плоский затиск, що розташовується на шпильці із різьбою. При закручуванні гайки плоский затиск опирається на деталь та виконує затиск. При відкручуванні гайки деталь визволяється, повернення плоского затиску у висхідне положення здійснюється при допомозі циліндричної пружини.

3.2 Проектування верстатного пристрою для фрезерування паза  $b = 0,6$  мм.

### 3.2.1 Вибір схеми базування

Вибираємо схему базування для оброблення паза  $b = 0,6$  мм за допомогою циліндричного фрезерування. При цій схемі базування заготовка встановлюється на оброблений торець та зовнішню циліндричну поверхню найбільшого діаметра ( $\varnothing 11,6$ ) мм.

Схема базування заготовки при фрезеруванні паза  $b = 0,6$  мм наведена на рис. 3.4.

Довга циліндрична поверхня (поверхня  $\varnothing 11,6$  мм) лишає заготовку 4-х степенів вільності. Плоский упор в торець деталі ліквідує ще одну ступінь вільності.

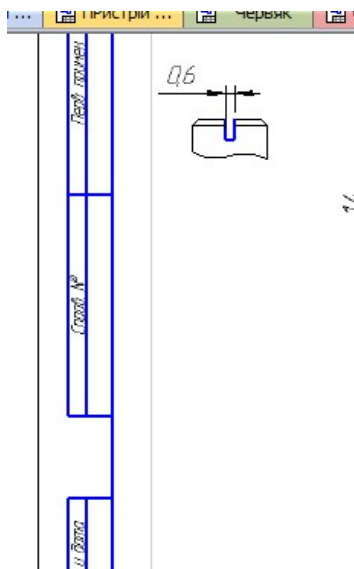


Рис. 3.4 – Схема базування заготовки

### 3.2.2. Вибір установочних елементів,

Заготовка встановлюється зовнішньою обробленою циліндричною поверхнею  $\varnothing 11,6$  мм на вузькі установочні призми з кутом  $2\alpha = 90^\circ$ . Базування по торцю забезпечується циліндричним упором із плоскою поверхнею.

### 3.2.3. Розрахунок пристрою на точність

При обробленні паза необхідно досягнути точності положення паза  $0,6$  мм відносно торця (розмір  $42^{+0,2}$ ) та симетричного розміщення паза відносно вісі деталі.

Симетричність розміщення паза відносно вісі деталі забезпечується центруванням деталі у призмах.

Для забезпечення заданої точності оброблення у пристроєві повинна забезпечуватись умова:

$$\varepsilon_{\text{доп.}} \geq \varepsilon_y,$$

де  $\varepsilon_{\text{доп.}}$  – допустима сумарна похибка оброблення:

$$\varepsilon_{\text{доп.}} = T - k \cdot \omega;$$

де  $T$  – допуск на розмір по довжині розміщення паза,  $T = 200$  мкм;

$\omega$  – точність оброблення, що допускає горизонтально-фрезерний верстат мод. 6Н82Г,

$\omega = 0,01$  мм;

$k$  – коефіцієнт поправки на точність оброблення,  $k = 1,0 \dots 1,1$  [11]. Приймаємо  $k = 1,1$ . Тоді:

$$\varepsilon_{\text{доп.}} = 200 - 1,1 \cdot 10 = 189 \text{ мкм}$$

$\varepsilon_y$  – похибка, що характеризує встановлення заготовки в пристрій.

При обробці паза бази технологічна та вимірювальна співпадають, тому

$$\varepsilon_y = \varepsilon_{\delta} = 0 \text{ мм};$$

Таким чином  $\varepsilon_{дон.} \geq \varepsilon_y$  ( $189 > 0$ ), умова виконується і точність оброблення буде забезпечена.

### 3.2.4. Розрахунок сили затиску

Схема прикладення всіх сил, що діють на заготовку при затискові, показана на рис. 3.2.

При обробленні паза 0,6 мм на заготовку впливають: тангенціальна складова сила різання  $P_z$ ; сила затиску  $Q$ , що створює сили тертя між циліндричною поверхнею заготовки та вертикальними площинами призм  $F_T$ .

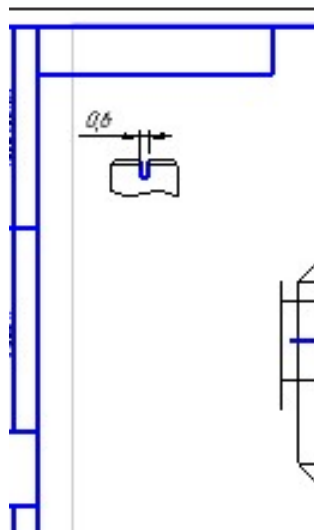


Рис. 3.5 – Визначення сили затиску

Під дією сили різання  $P_z$  та сили затиску  $Q$  заготовка може повернутися навколо точки  $O$ .

Умова рівноваги заготовки:

$$Q l_1 \geq k P_z l$$

$k$  – коефіцієнт запасу, [13], с.266

Коефіцієнт запасу визначається із формули:

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6,$$

де  $k_0$  – гарантований коефіцієнт запасу,  $k_0 = 1,5$ ;

$k_1$  – коефіцієнт стану технологічної бази,  $k_1 = 1.0$  [13], с.267;

$k_2$  – коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання від спрацювання ріжучого інструменту,  $k_2 = 1,0$  [13],с.267;

$k_3$  – коефіцієнт, враховує умови оброблення;  $k_3 = 1,00$  [13],с.267;

$k_4$  – коефіцієнт, що враховує похибку пристрою затискного,  $k_4 = 1,0$  [13],с.268;

$k_5$  – коефіцієнт, що враховує зручність положення рукояток керування у пристроєві;  $k_5 = 1,0$  [13],с.268

$k_6$  – коефіцієнт, що залежить від моментів, що повертають заготовку щодо опор,  $k_6 = 1,2$  [13], с.268.

$$k = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,05 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,2 = 1,8.$$

$P_z$  – сила різання при фрезеруванні паза,  $P_z =$

$$Q = \frac{k \cdot P_z \cdot l}{l_1} = \frac{1,8 \cdot 50}{50} =$$

Зусилля затиску  $Q = 238$  Н.

### 3.2.5 Розрахунок приводу пристрою.

Зусилля затиску  $W$  утворюється при рухові штока пневматичного циліндра вліво. Шток повертає важіль, на верхньому кінці якого закріплено призму, що опирається на циліндричну поверхню деталі. При рухові призми вліво відбувається затиск деталі. Схема механізму затиску приведена на рис. 3.

$$Q \cdot l = W \cdot l_1, W = \frac{Q \cdot l}{l_1} = \frac{238 \cdot 50}{50} =$$

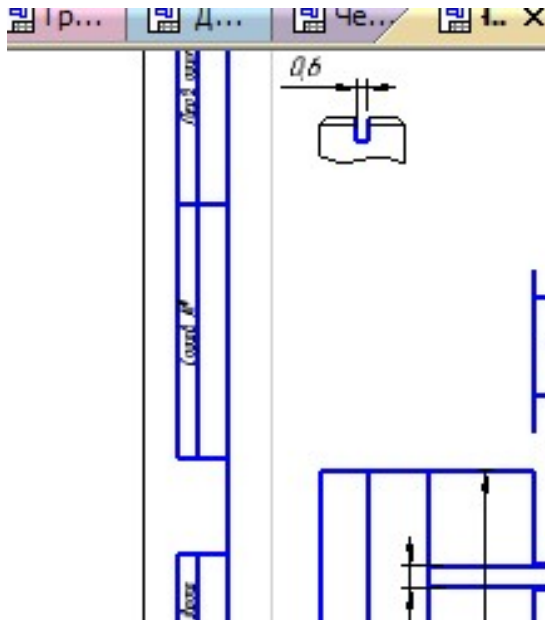


Рис. 3.6 – Схема механізму затиску

### 3.2.6 Розрахунок елементів пристрою на міцність.

### 3.7. Опис конструкції і роботи пристрою

Пристрій для свердлування отвору складається із плити, на верхній площині закріплено пневматичний циліндр. Шток пневматичного циліндра з'єднується із поворотним важелем, на верхньому кінці якого встановлено призму із кутом  $2\alpha=90^{\circ}$ . Деталь торцем встановлюється на палець та опирається на стінки нерухомої призми. При подачі стиснутого повітря у штокову порожнину пневматичного циліндра шток переміщується вліво, важіль повертається навколо вісі та призма, що розміщена на важелі, затискує деталь. Одночасно встановлюється та затискується дві деталі. При подачі стиснутого повітря у безштокову порожнину деталь розтискується.

### 3.3 Проектування контрольно-вимірювального пристрою

#### 3.3.1 Вибір схеми вимірювання

Згідно технічних вимог до деталі «Черв'як» необхідно контролювати радіальне биття циліндричної поверхні  $\varnothing 11.6$  відносно бази Б – не більше 0,01 мм.

Для контролю вказаного відхилення приймаємо схему вимірювання, показану на рис. 3.7.

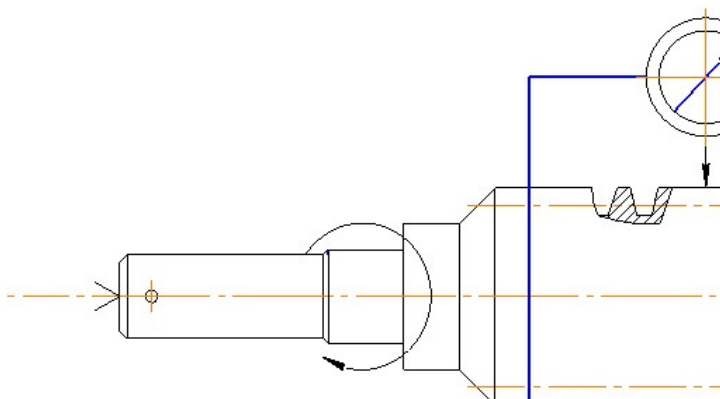


Рис. 3.7 - Схема контролю радіального биття

Для проведення контролю відхилення радіального биття деталь встановлюється фаскою на жорсткий обернений центр та на по центровому отвору на жорсткий центр. До контрольованої поверхні підводиться наконечник індикатора, що закріплений у стійці. Попередньо індикатор встановлюється на «0». При повороті деталі навколо власної вісі на  $360^{\circ}$  різниця у показах стрілки індикатора показує шукане радіальне биття  $\Delta 1$ .

#### 3.3.2 Розрахунок пристрою на точність

Точність проведення контролю буде забезпечуватись при виконанні умови:

$$\varepsilon_{\text{доп}} \geq \varepsilon_{\text{розр.}}$$

де  $\varepsilon_{\text{дон}}$  - похибка контролю допустима,  $\varepsilon_{\text{дон}} = 0,01$  мм.

$\varepsilon_{\text{розр.}}$  – похибка контролю розрахункова, знаходиться із формули:

$$\varepsilon_{\text{розр.}} = \sqrt{\varepsilon_{\bar{\sigma}}^2 + \varepsilon_{\text{виг}}^2 + \varepsilon_{\text{пр}}^2 + \varepsilon_{\text{зн}}^2},$$

де  $\varepsilon_{\bar{\sigma}}$  - похибка базування деталі при виконанні контролю,  $\varepsilon_{\bar{\sigma}} = 0$ ;  $\varepsilon_{\text{виг}}$  - похибка, що характеризує точність виготовлення пристрою,  $\varepsilon_{\text{виг}} = 0,001$  мм;  $\varepsilon_{\text{пр}}$  - похибка, що характеризує точність вимірювання пристроєм,  $\varepsilon_{\text{пр}} = \frac{\Delta_i}{2}$ ,

де  $\Delta_i$  – ціна поділки індикатора,  $\Delta_i = 0,002$  мм;  $\varepsilon_{\text{пр}} = \frac{0,002}{2} = 0,001$  мм.

$\varepsilon_{\text{зн}}$  - похибка від спрацювання пристрою,  $\varepsilon_{\text{зн}} = 0,002$  мм.

$$\varepsilon_{\text{розр.}} = \sqrt{0,005^2 + 0,001^2 + 0,002^2} = 0,0054 \text{ мм}$$

Умова  $\varepsilon_{\text{дон}} \geq \varepsilon_{\text{розр.}}$ , ( $0,01 \geq 0,0054$ ) виконується, точність контролю забезпечується.

### 3.2.3 Опис роботи пристрою

Для проведення контролю деталей установлюється на обернені центри на гладкі центри, до контрольованої циліндричної поверхні  $\text{Ø}25\text{f}7$  підводиться вимірювальна ніжка індикатора; індикатор попередньо наструюється на «0».

Деталь навколо власної вісі повертається рукою на  $360^0$ , при цьому різниця у показах індикатора установлює значення радіального биття.

## 3.4 Проектування фрези пазової для обробки паза шириною 0,6 мм

### 3.4.1 Визначення конструктивних параметрів фрези

Проектуємо пазову фрезу для обробки паза шириною 0,6 мм. Ескіз поверхні, що обробляється фрезою, приведена на рис. 3.10.

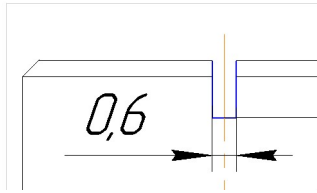


Рис. 3.10 – Ескіз поверхні для обробки фрезою

Матеріал різальної частини фрези – швидкорізальна сталь Р6М5

Приймаємо діаметр фрези  $D = 63$  мм, число зубців 16, ширину фрези 0,6 мм.

$$\text{Діаметр отвору під оправку } d = \sqrt[3]{\frac{M_p}{0,1 \cdot [\sigma_u]}}$$

де  $[\sigma_u]$  - допустиме напруження згину матеріала оправки,  $[\sigma_u] = 250$  МПа.

$$M_p = 1,96 \text{ Н м}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{1,96}{0,1 \cdot 250 \cdot 10^6}} = 0,0042 \text{ м.}$$

Приймаємо  $d = 22\text{H}7$  мм.

Визначаємо зовнішній діаметр фрези:  $D = 3d = 3 \cdot 22 = 66$  мм.

Приймаємо  $D = 63$  мм.

Остаточна кількість зубців:

$$z = m\sqrt{D},$$

де  $m = 2$  – для дискових фрез.

$$z = 2\sqrt{63} = 15,8 \text{ приймаємо } z = 20.$$

Визначаємо крок зубців:

$$P = \frac{\pi \cdot D}{z} = \frac{3,14 \cdot 63}{20} = 9,89 \text{ мм.}$$

Передній кут  $\gamma = 0^\circ$  ;

Задній кут  $\alpha = 7^\circ$

### 3.4.1 Основні технічні вимоги і допуски на інструмент

Допуск на зовнішній діаметр фрези призначаємо по ГОСТ 885-81:

$$D_{фр.} = 63h9_{(-0,036)} \text{ мм};$$

Допуск на ширину фрези - по 8-му квалітету;

Твердість робочої частини зубців *HRC* 62 ... 65

## 4. ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

### Детонаційні покриття для відновлення зношених деталей

У процесі ремонту сучасної техніки для відновлення зношених деталей, застосування знаходить електромеханічна обробка (ЕМО), заснована на термічному і силовому впливі на деталь, що зміцнюється. Вона дозволяє істотно змінити фізико-механічні властивості поверхневих шарів деталей і дозволяє різко підвищити їх зносостійкість, межа витривалості і інші експлуатаційні характеристики деталей.

Для відновлення геометричних розмірів деталей, підвищення опору зносу, збільшення твердості і захисту деталей від корозії застосування знаходить електроіскрове легування (ЕІЛ).

Особливістю методу ЕІЛ є можливість створення багатофункціональних покриттів, що володіють широким комплексом фізико-механічних властивостей.

Найбільш якісні покриття, суцільність яких досягає 80%, товщиною від 30 до 200 мкм і шорсткістю поверхні не менше 20–40 Кг отримують при ЕІЛ залізо-вуглецевих сплавів металами 4–6 групи таблиці Д.І. Менделєєва.

Кількість шарів при нанесенні електроіскрових покриттів залежить від режимів обробки і між електродного середовища. Характерним є те, що, при формуванні шарів збільшення часу обробки призводить не до збільшення товщини покриттів, а навпаки, починаючи з певного часу – до її зменшення.

Неможливість отримання 100% суцільного покриття, висока шорсткість поверхневого шару, наявність істотних залишкових напружень, а також низька продуктивність технологічного процесу обмежують використання ЕІЛ для підвищення механічних властивостей.

Об'єктом пильної уваги вчених і працівників промисловості стало застосування лазерного променя для поверхневого зміцнення конструкційних матеріалів шляхом зміни структури поверхневого шару або нанесення покриттів завдяки унікальним можливостям цієї технології.

Лазерну обробку застосовують для поверхневого зміцнення деталей працюють в умовах контактної взаємодії, а також при відновленні зношених деталей. Так, наприклад, в автотракторобудуванні лазерне зміцнення застосовується для підвищення зносостійкості розподільних валів, колінчастих валів, зубчастих коліс, робочих поверхонь клапанів, клапанних сідел поршневих канавок, компресійних кілець та інших деталей.

До недоліків лазерної обробки слід віднести:

- недостатність вивчення механізму структуроутворення і неможливістю через це ефективно управляти процесами формування зносостійких структур;
- зменшення глибини зміцнення при малих швидкостях променя за рахунок екрануючого дії плазми; нерівномірність якості зміцненого шару при обробці великогабаритних деталей;
- утворення тріщин під час обробки;
- велика вартість обладнання

Істотних результатів в отриманні необхідних триботехнічних характеристик при відновленні деталей можна досягти в результаті поєднання двох і більше технологічних процесів.

Технології поверхневого зміцнення і відновлення деталей вузлів тертя продовжать розвиватися і вдосконалюватися.

Паралельно з їх розвитком створюються принципово нові технологічні процеси, до яких слід віднести методом високотемпературного синтезу (СВС – метод) і метод отримання покриттів з використанням концентрованої сонячної енергії.

Метод СВС заснований на поєднанні хімічних реакцій і з процесами теплового самовідновлення спеціальних порошкових сумішей. При їх хімічній взаємодії утворюються нові речовини відповідних хімічних сполук у вигляді карбідів, боридів, силіцидів, нітридів, інтерметалідів та ін., які забезпечують покриттям, що утворюються, необхідні фізико-механічні властивості.

Застосування сонячної енергії для отримання покриттів є однією з найбільш екологічно чистих та енергозберігаючих технологій поверхневого зміцнення і відновлення деталей машин.

Крім металевих покриттів на поверхні тертя деталей машин наносять полімерні покриття.

До основних способів нанесення полімерних покриттів слід віднести газополум'яневий, вихоровий, вібровихоровий, струменеве напилення та інші. Матеріалами для нанесення покриттів служать: поліетилен, поліпропілен, поліуретан, капрон і інші. Перспективними є металополімерне композиційне покриття.

#### 4.1 Експериментальне дослідження зношування зразків з детонаційними покриттями

На поверхні наносились покриття НАС та КХН

1	Композит НАС, порошкова суміш	Детонаційно- газове	82Ni, 14Al, 6Si	11,0 по HV
2	Композит КХН, порошкова суміш	Детонаційно- газове	62Ni, 18Cr, 20Co	10,8 по HV

Детонаційні покриття на зразки і експериментальні деталі наносяться з використанням детонаційно-газових установок «Дніпро» за технологією, розробленою в Інституті проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України

Для визначення оптимального поєднання сталі з матеріалами, які можна використовувати для відновлення зношених деталей, зокрема, сталевого штока гідроциліндра, використовуючи технологію детонаційних покриттів, проводили чотири серії випробувань.

При цьому досліджувалися чотири комбінації пар тертя:

- сталь 45 – сталь 45;
- сталь 45 – сталь 45 з покриттям НАС;
- сталь 45 – сталь 45 з покриттям КХН;
- сталь 45 з покриттям НАС – сталь 45 з покриттям КХН.

Величина  $\Delta h$  обчислювалася по зміні довжини лунки, яка визначається за допомогою мікроскопа.

В процесі експерименту визначалися значення коефіцієнта тертя  $f$  при різних рівнях докладання контактної тиску. Змазування тертьових зразків здійснювалося крапельним способом. Як мастила використовувалося масло марки І-20 (ТУ-38–101–50–70, ГОСТ 20799–75).

Графіки залежностей величини зношування  $\Delta h$  від шляху тертя наведені на рисунках 4.1, 4.3, 4.5, 4.7.

Отримані при випробуванні зразків з перерахованими покриттями залежності величини коефіцієнта тертя від рівня контактних напруг наведені на рис. 4.2, 4.4, 4.6, 4.8.

Отримані в результаті експерименту табличні дані та графічні залежності при обраній методиці проведення досліджень дають можливість провести їх обробку по етапах, кожен з яких зводиться до визначення емпіричних залежностей між двома змінними, що об'єднуються в подальшому в одну формулу.

Криві, що описують залежності величини зношування  $\Delta h$  від шляху тертя  $T$ , відповідають графічній апроксимації функцією  $y = \frac{x}{a + bx} + c$ , а криві, що описують залежності для величини коефіцієнта тертя  $f$  від прикладених тисків  $p$  – апроксимації показовою функцією  $y = ax^b$ .

Для визначення значень параметрів цих кривих, відповідних інтерпретації графіків на рис. 4.1... 4.8, про логарифмуємо обидві частини рівнянь  $f = ap^b$  и

$$\Delta h = \frac{T}{a + bT} + c.$$

Побудуємо графіки в координатах  $\lg p - \lg f$ ,  $\lg \Delta h - \lg T$  і визначимо числові значення параметрів емпіричних формул. Для цього використовуємо метод середніх і, розбиваючи результати спостережень на групи з трьох і чотирьох чисел кожна, визначимо числові значення параметрів  $a$ ,  $b$ ,  $c$ .

Отримані таким чином емпіричні залежності мають такий вигляд:

– Пара тертя сталь 45 – сталь 45 (рис. 4.1, 4.2):

$$\Delta h = \frac{T - 0,27}{11218 + 53,13T}; \quad (4.1)$$

$$fp^{0,232} = 0,0488. \quad (4.2)$$

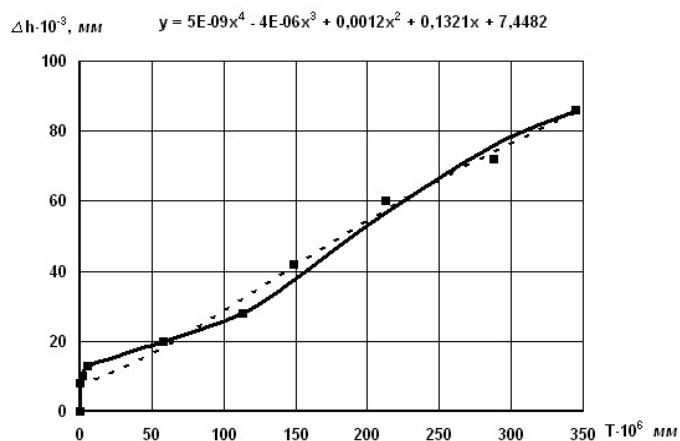


Рис. 4.1- Залежність величини зношування  $\Delta h$  від шляху тертя  $T$  для пари тертя сталь 45 – сталь 45

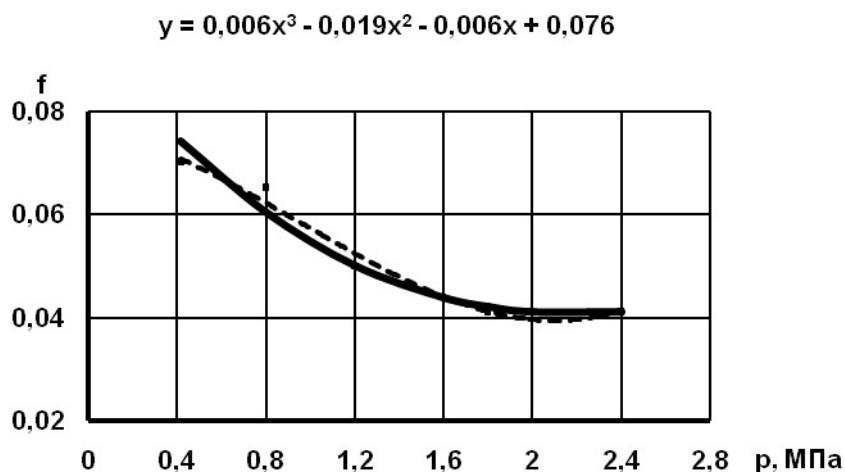


Рис. 4.2 - Залежність коефіцієнта тертя  $f$  від рівня прикладеного тиску  $P$  для пари тертя сталь 45 – сталь 45

Пара тертя сталь 45 – сталь 45 з покриттям НАС (Рис. 4.4, 4.5):

$$\Delta h = \frac{T - 0,33}{14250 + 32,14T} + 0,001; \quad (4.3)$$

$$fp^{0,296} = 0,0313. \quad (4.4)$$

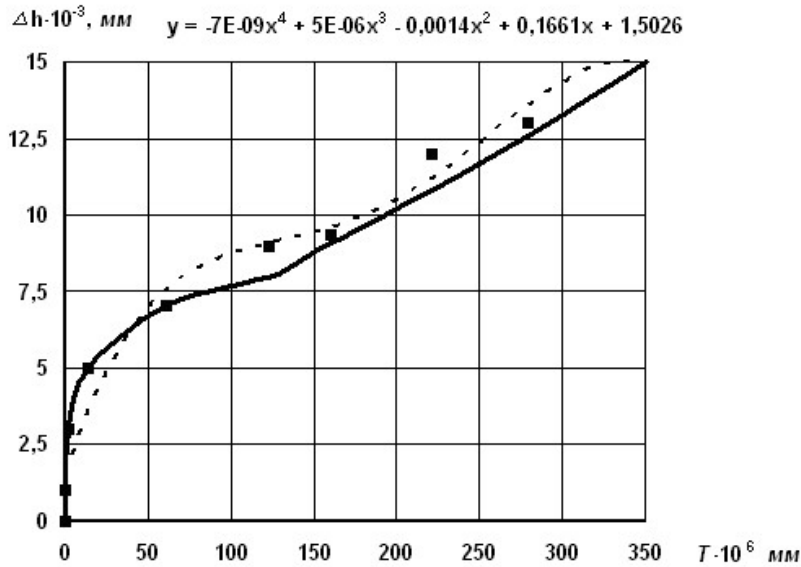


Рис. 4.3 - Залежність величини зношування  $\Delta h$  від шляху тертя  $T$  для пари тертя сталь 45 – сталь 45 з покриттям НАС

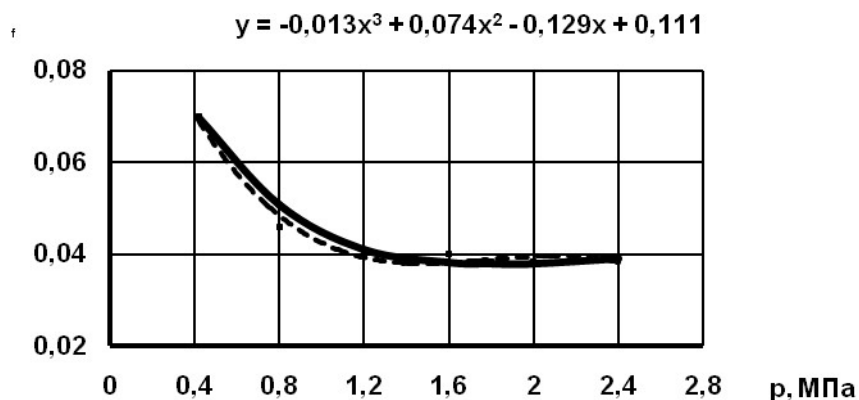


Рис. 4.4 - Залежність коефіцієнта тертя  $f$  від рівня прикладеного тиску  $P$  для пари тертя сталь 45 – сталь 45 з покриттям НАС

Пара тертя сталь 45 – сталь 45 з покриттям КХН (Рис. 4.5, 4.6):

$$\Delta h = \frac{T - 0,30}{16200 + 28,46T} \quad (4.5)$$

$$fp^{0,351} = 0,0366 \quad (4.6)$$

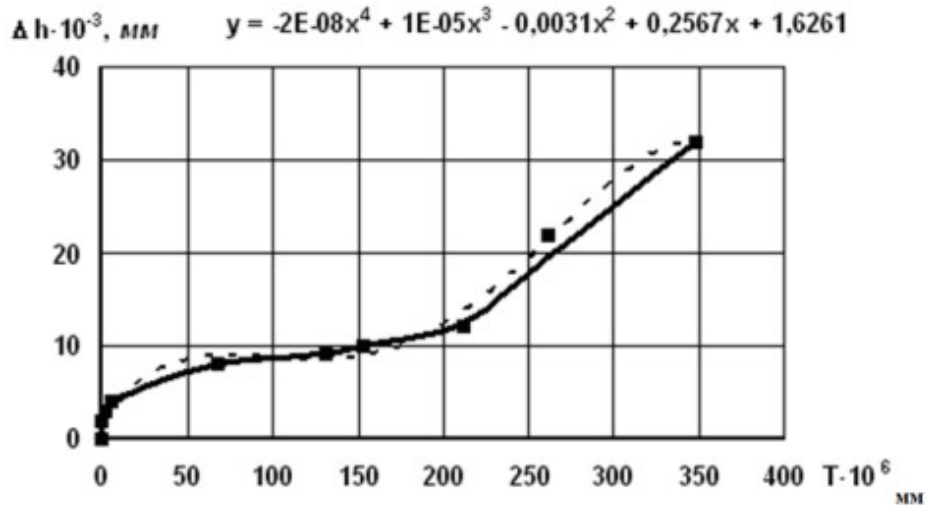


Рис. 4.5 - Залежність величини зношування  $\Delta h$  від шляху тертя  $T$  для пари тертя сталь 45 – сталь 45 з покриттям КХН

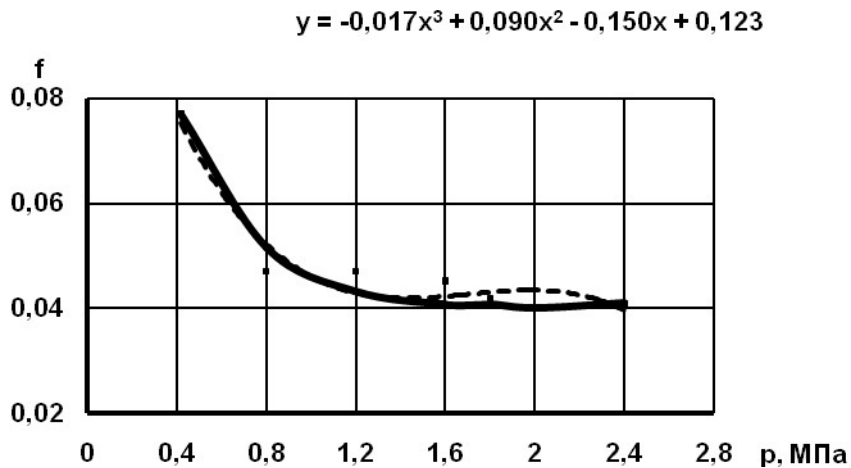


Рис. 4.6 - Залежність коефіцієнта тертя  $f$  від рівня прикладеного тиску  $p$  для пари тертя сталь 45 – сталь 45 з покриттям КХН

Пара тертя сталь 45 з покриттям НАС – сталь 45 з покриттям КХН (рис. 4.7, 4.8).

$$\Delta h = \frac{T - 0,38}{12285 + 22,9T} + 0,0022 ; \quad (4.7)$$

$$fp^{0,312} = 0,0286 . \quad (4.8)$$

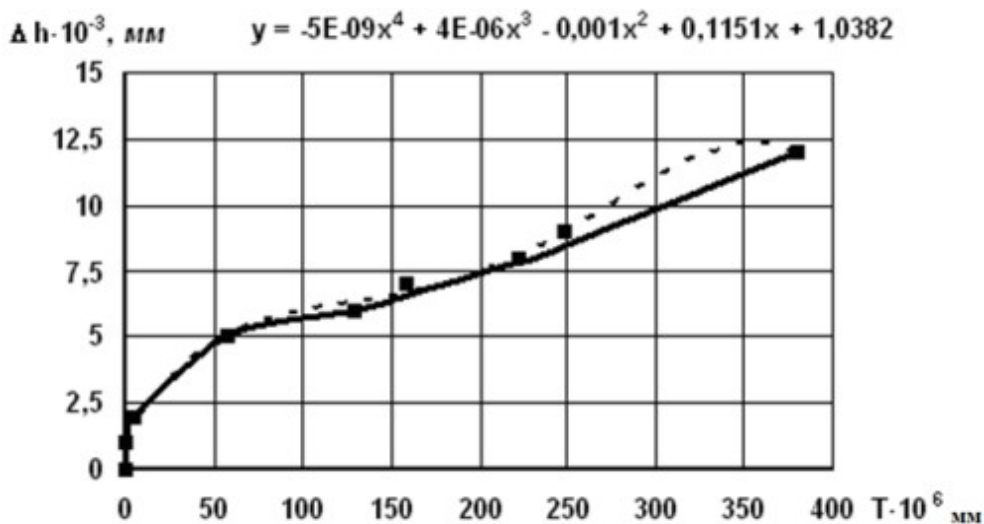


Рис. 4.7 - Залежність величини зношування  $\Delta h$  від шляху тертя  $T$  для пари тертя сталь 45 з покриттям НАС – сталь 45 з покриттям КХН

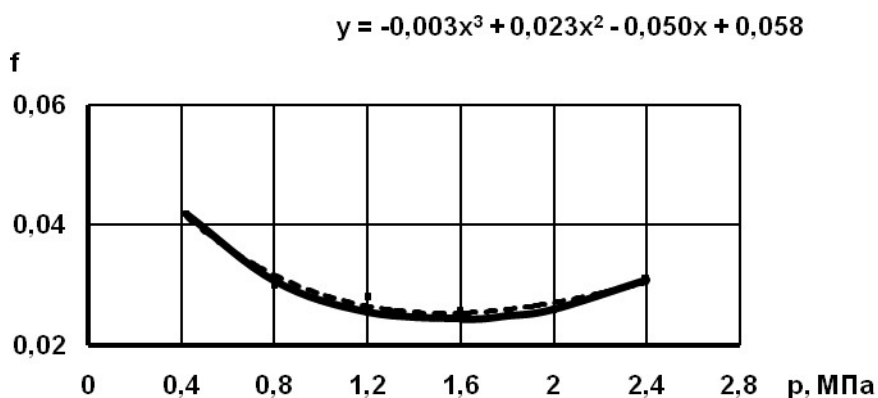


Рис. 4.8 - Залежність коефіцієнта тертя  $f$  від рівня прикладеного тиску  $p$  для пари тертя сталь 45 з покриттям НАС – сталь 45 з покриттям КХН

Похибка обчислень за формулами (4.3)... (4.8) не перевищує 10% від отриманих експериментальних значень, що легко встановити з наведених графіків.

Проводячи порівняльний аналіз графіків експериментальних залежностей і емпіричних формул, можна відзначити наступне:

– найбільшій зносостійкості володіє пара тертя сталь 45 з покриттям НАС – сталь 45 з покриттям КХН. Середнє значення розміру зносу у даної пари в 6,7 рази менше, ніж у пари тертя сталь 45 – сталь 45 з покриттям НАС, в два рази менше, ніж у пари тертя сталь 45 – сталь 45 з покриттям КХН;

– найкращими антифрикційними властивостями і найменшими значеннями коефіцієнта тертя має пара тертя сталь 45 з покриттям НАС – сталь 45 з покриттям КХН. Середнє значення коефіцієнта тертя у даної пари в 1,7 рази менше, ніж у пари тертя сталь 45 – сталь 45, в 1,5 рази менше, ніж у пари тертя сталь 45 з покриттям НАС – сталь 45 з покриттям КХН;

– так як порошкові матеріали на нікелевій основі виробляються вітчизняною промисловістю, то доцільно їх застосовувати для нанесення детонаційних покриттів;

– для більш детальних досліджень нанесення детонаційних покриттів і визначення номенклатури відновлюваних деталей доцільно провести випробування реальних машин з деталями, відновленими детонаційними покриттями;

– залежності (4.3)... (4.8) можна застосовувати для прогнозування довговічності відновлених вузлів і антифрикційних властивостей відновлених поверхонь в діапазоні зміни величин питомих тисків, що відповідають умовам експериментального дослідження.

## 5 РОЗДІЛ ОХОРОНИ ПРАЦІ

5.1 Заходи по зменшенню небезпек і шкідливостей в розробленому технологічному процесі обробки

При роботі на верстатах існує ряд шкідливих і небезпечних факторів:

Підвищена або знижена щодо нормативних вимог температура, нагрівання оброблюваних поверхонь; вологість та переміщення повітря; підвищений рівень шуму; підвищений рівень вібрацій; недостатня освітленість робочої зони; вироби, заготовки та матеріали, що переміщуються.

У процесі різання металу, він нагрівається до високих температур (200° - 600°), велика частина тепла (50-80%) відводиться стружкою, однак, при постійному впливі інструменту на заготовку, вона розігрівається до температур, які при короткочасному впливі можуть призвести до травмування людей, спричинивши опік.

Для запобігання отримання термічних травм, рекомендується використовувати спеціальні пристосування для транспортування щойно оброблених деталей, а також застосовувати мастильно-охолоджуючі рідини (МОР).

Основи безпеки і вимоги при роботі з рухомими частинами машин наводяться в ГОСТ 7599-82.

### 5.1. Електробезпека

Електробезпека являє собою систему організаційних і технічних заходів і засобів, що забезпечують захист людей від шкідливого і небезпечного впливу електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля і статистичної електрики.

Цех, в якому знаходяться верстати, відноситься до II класу електробезпеки - приміщення с підвищеною небезпекою, яка характеризується наявністю в них однієї з таких умов, що створюють підвищену небезпеку: вогкість, струмопровідний пи́л, струмопровідні підлоги

(Металеві, земляні, залізобетонні, цегляні і т.п.), висока температура, можливість одночасного дотику людини до з'єднаних з землею металоконструкцій, технологічних апаратів, з одного боку, і до металевих корпусів електрообладнання -- з іншого.

У цеху застосовуються такі заходи захисту від ураження електричним струмом: недоступність струмоведучих частин для випадкового дотику, всі струмоведучі частини ізольовані і захищені.

Недоступність досягається шляхом їх надійної ізоляції, застосування захисних огорожень (кожухів, кришок, сіток і т.д.), розташування струмоведучих частин на недоступній висоті.

Верстати й устаткування оснащені заземлювачами. Захисне заземлення або занулення повинно забезпечувати захист людей від ураження електричним струмом при дотику до металевих неструмоведучих частин, які можуть опинитися під напругою в результаті пошкодження ізоляції.  $R_{\text{зз}} < 4 \text{ Ом}$ . Також має бути дотримано безпечної напруги та безпечної величини струму для людини:  $U = 36 \text{ В}$ ,  $I = 0.1 \text{ А}$ .

Засобами індивідуального захисту від ураження електричним струмом є інструменти з ручками з ізолюючого матеріалу, спеціальні рукавички і взуття, а також доріжки і килимки.

#### 4.9. Пожежна безпека

Пожежна профілактика - комплекс організаційних і технічних заходів, спрямованих на забезпечення безпеки людей, запобігання пожежі, обмеження її розповсюдження, а також на створення умов для успішного гасіння пожежі.

Успіх боротьби з пожежею в чому залежить від його своєчасного виявлення і швидкого прийняття заходів щодо його обмеження і ліквідації.

Пожежна безпека передбачає забезпечення безпеки людей і збереження матеріальних цінностей підприємства на всіх стадіях його життєвого циклу.

Основними системами пожежної безпеки є системи запобігання пожежі та протипожежного захисту, включаючи організаційно-технічні заходи.

Категорія приміщення Характеристика речовин і матеріалів, що знаходяться у приміщенні. Всі виробничі приміщення поділяються на такі за пожежною небезпекою:

Категорія А – з підвищеною пожежонебезпекою. Горючі гази, легкозаймисті рідини з температурою спалаху не більше 28 ° С в такій кількості, що можуть утворювати вибухонебезпечні парогазоповітряні суміші, у разі спалахування яких розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні, що перевищує 5 КПа і (або) речовини і матеріали, здатні вибухати і горіти при взаємодії з водою, киснем повітря або один з одним, в такій кількості, що розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні перевищує 5 кПа.

Б - Горючі пил або волокна, легкозаймисті рідини з температурою спалаху більше 28 ° С, горючі рідини в такій кількості, що можуть утворювати вибухонебезпечні пилоповітряні або пароповітряні суміші, у разі спалахування яких розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні, що перевищує 5 кПа.

В1 - В4 - Горючі і важкогорючі рідини, тверді горючі і важкогорючі речовини і матеріали (в тому числі пил та волокна), речовини і матеріали, здатні при взаємодії з водою, киснем повітря або один з одним тільки горіти, за умови, що приміщення, в яких вони знаходяться (обертаються), не відносяться до категорії А чи Б.

Г - помірна пожежонебезпека. Негорючі речовини і матеріали в гарячому, розпеченому або розплавленому стані, процес обробки яких супроводжується виділенням тепла, іскор і полум'я, і (або) горючі гази, рідини і тверді речовини, які спалюються або утилізуються як паливо.

Д - знижена пожежонебезпека Негорючі речовини і матеріали в холодному стані.

Приміщення, в якому здійснюється процес виготовлення виробу, по пожежній небезпеці відноситься до категорії Д: негорючі речовини і матеріали знаходяться в холодному стані.

Серед організаційних і технічних заходів, здійснюваних для усунення можливості пожежі, виділяють наступні заходи:

- використання тільки справного обладнання;
- проведення періодичних інструктажів з пожежної безпеки;
- призначення відповідального за пожежну безпеку приміщення;
- відключення електрообладнання, освітлення і електроживлення після закінчення робіт;
- куріння в строго відведених місцях;
- забезпечення шляхів і проходів для евакуації людей у вільному стані.

Залежно від свого прямого призначення і передбачуваного класу пожежі все вогнегасники умовно можна розділити на п'ять видів:

1. Рідинні, або водні види вогнегасників - засоби, призначені для гасіння пожеж класу А (загоряння твердих речовин) і Б (горіння рідких речовин). Вони мають вигляд балонів з маркуванням «ОВ» і містять воду або розчин на водній основі, до складу якої входять хімічно активні речовини.

2. Порошкові пристрої - це універсальні види застосовуваних вогнегасників, які можна сміливо використовувати при гасінні майже всіх класів пожеж: А, Б, В (загоряння газоподібних речовин) Вони мають встановлену маркування «ВП»

Крім того, за допомогою таких вогнегасників можна загасити полум'я, яке виникло на рідинах, що мають масляну основу, наприклад, нафту, масла і фарби.

5. Емульсійні вогнегасники «ОВЕ» - пристрої, створені для гасіння пожеж класів А, Б і В. Їх принцип дії заснований на енергії стисненого повітря, застосовуваний при подачі вогнегасної емульсії на полум'я. За допомогою таких вогнегасників не можна загасити загоряння, пов'язані з газоподібними речовинами (пропаном, аміаком, побутовим газом), лужноземельними металами і горінням бавовни і піроксиліну.

У приміщенні необхідно мати 2 вогнегасника марки ОП-5, виходячи з розмірів приміщення, а також силовий щит, який дозволяє миттєво знеструмити приміщення. Вогнегасники повинні завжди утримуватися в справному стані,

періодично оглядатися, перевірятися і своєчасно перезаряджатимуться. Бажано поміщати на стінах інструкції з пожежної безпеки та план евакуації на випадок пожежі. У випадках, коли не вдається ліквідувати пожежу самостійно, необхідно викликати пожежну охорону і покинути приміщення, керуючись розробленим і вивішеним планом евакуації.

#### 4.11. Захист в надзвичайних ситуаціях (НС)

Надзвичайна ситуація - це обстановка на певній території, що склалася в результаті аварії, небезпечного природного явища, катастрофи, стихійного чи іншого лиха, які можуть спричинити або спричинили за собою людські жертви, шкоду здоров'ю людей або навколишньому природному середовищу, значні матеріальні збитки та порушення умов життєдіяльності людей.

.Природна надзвичайна ситуація - обстановка на певній території або акваторії, що склалася в результаті джерела надзвичайної ситуації, яка може спричинити або спричинила за собою людські жертви, шкоду здоров'ю людей і (або) навколишнього природного середовища, значні матеріальні збитки та порушення умов життєдіяльності людей.

Для того, щоб усунути повністю або знизити збиток від різних можливих надзвичайних ситуацій, проводяться профілактичні заходи, тому при аварії на:

- водоканалі: слід забезпечити підвезення питної і технічної води робітникам, якщо немає можливості перервати технологічний цикл виготовлення деталей. Також в цеху рекомендується мати запас питної води з розрахунку 2 л/чол. в зміну.

- теплотраси: передбачити обігрівачі приміщення, що працюють від електричної мережі, а також ЗІЗ (теплі одяг, рукавички, шапки).

- електромережі: слід забезпечити генератором (бензиновим або дизельним), який зможе виробляти струм необхідної потужності.

Так само для профілактики рекомендується:

1) Постачання підприємства, установи, населеного пункту за двома напрямками від незалежних енергоджерел. Це значно підвищує надійність, так як одночасний вихід з ладу двох ліній передачі електроенергії менш вірогідний;

2) заміна повітряних ліній на кабельні підземні;

- транспорті: підприємство, знаючи механізм утворення зимової слизькості, зобов'язана не тільки ліквідувати її при виявленні у встановлені терміни, а й проводити профілактичні заходи при наявності прогнозу погодних умов, які є причиною утворення зимової слизькості на дорогах, в тому числі застосовувати заходи реагування щодо її усунення після закінчення випадання опадів, не чекаючи повідомлень з боку третіх осіб.

Інший варіант надзвичайної ситуації - це можлива диверсія.. Для попередження ймовірності здійснення диверсії підприємство необхідно обладнати системою відеоспостереження, цілодобовою охороною, пропускнуою системою, надійною системою зв'язку, а також виключення поширення інформації про систему охорони об'єкта, розташувань приміщень і обладнання в приміщеннях, сигналізаторах, їх місцях установки і кількості.

#### 4.12. Правові та організаційні питання забезпечення безпеки праці

Для робітників повинні проводитися заходи з питань забезпечення безпечної праці. В систему таких заходів мають входити:

постійне вдосконалення технологічних процесів і обладнання з метою усунути і запобігти можливості появи виробничих шкідливостей;

перехід від ручної роботи до механізованої;

безумовне дотримання технологічних режимів, строгий контроль за їх виконанням;

знання і дотримання техніки безпеки;

безумовне дотримання режимів праці та відпочинку, правильна організація робочого місця;

постійний контроль за станом повітряного середовища виробничих приміщень (дотримання норм гранично допустимої кількості абразиву в повітрі і парів хімічних речовин);

регулярні медичні огляди;

дотримання вимог безпеки праці до рівня освітлення у кімнаті, опалення, вентиляції (система витяжної вентиляції), кондиціонування повітря;

дотримання норм допустимої концентрації шкідливих речовин в повітрі;

доступ до системи водопостачання;

регламентовані перерви в роботі на обід і на відпочинок;

обладнане приміщення для відпочинку працівників, оснащене необхідними меблями (стілці, крісла, столи, холодильник, мікрохвильова піч, електричний чайник);

доступ до питної води.

Діяльність робочого і використовуваного ним обладнання, а також навколишнього його робочого середовища повинна регламентуватися вимогами наступних нормативно-правових документів

## Висновки

В дипломному проекті «Удосконалення технології виготовлення деталі «Черв`як 7X8.463.003» із розробленням технологічних операцій для верстатів з ЧПК фірми Haas (США) з використанням САМ – пакету ESPRIT» виконано аналіз технологічності конструкції деталі, запропоновані зміни до технологічного процесу обробки деталі на базі використання високопродуктивних верстатів з ЧПК фірми Haas.

Виконано визначення припусків на механічну обробку аналітичним та табличним методами.

Розраховані режими різання на основні переходи обробки поверхонь деталі на основі програм аналітичним та табличним методами, визначені технічні норми часу; спроектовані технологічні операції із технологічного маршруту.

Спроектовані механізований верстатний пристрій для обробки пазу та для свердлування отвору, виконані розрахунки на точність оброблення, вибрані установочні елементи, розраховано силовий привід пристроїв.

Спроектовано контрольно-вимірювальний пристрій та різальний інструмент.

## ЛІТЕРАТУРА

- 1.Технология машиностроения /А.А.Гусев, Е.Р.Ковальчук, И.М.Колесов и др.. М.: Машиностроение, 1966. – 480 с.
- 2.Справочник металлиста. Т.2/Под ред. А.Г.Рахштедта и В.А.Бромстрема. - М.: Машиностроение, 1976. – 720 с.
- 3.Горбацевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. – Минск: Высш. школа, 1983. – 256 с.
- 4.Балабанов А.Н. Краткий справочник машиностроителя, - М.: Машиностроение, 1992. – 464 с.
5. Справочник технолога-машиностроителя. Т.1/Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1975. – 496 с.
6. Справочник технолога-машиностроителя. Т.2/Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1975. – 496 с.
7. Режимы резания металлов. Справочник/Под. ред. Ю.В.Барановского. – М.: Машиностроение, 1972. – 407 с.
8. Косилова А.Г., Мещеряков Р.К. Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении, - М.: Машиностроение, 1976. – 288 с.
- 10.Бабук В.В. Дипломное проектирование по технологии машиностроения. – Минск: Высш. школа, 1979. – 464 с.
- 11.Корсаков В.С. Основы проектирования приспособлений. – М.: Машиностроение, 1983. – 277 с.
- 12.Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков. – М.: Машиностроение, 1979. – 303 с.
- 13.Нефедов А.А., Осипов К.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту. – М.: Машиностроение, 1984. – 400 с.
- 14.Бартенев С.С. и др. Детонационные покрытия в машиностроении. Л.: Машиностроение, 1982, -215с.

15. Ульяницкий В.Ю. Опыт исследования и применения технологии нанесения детонационных покрытий - «Машиностроение» , №3, с. 45 – 55.
16. Охорона праці в галузі. Методичні вказівки до виконання інженерних розрахунків з охорони праці у дипломних проектах/О.В.Снозик, В.А.Кирилков, А.П. Білик.-,Хмельницький: ХНУ, 2009. – 40 с