

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет інженерії транспорту та архітектури  
Кафедра технології машинобудування

**ДИПЛОМНА РОБОТА**

Технологія виготовлення деталі " Палець 7.334.293 "  
(Назва теми)

з використанням верстатів з ЧПК

Рівень вищої освіти перший (бакалавр)

Галузь знань 13 механічна інженерія  
Шифр і назва галузі знань

Спеціальність 131 прикладна механіка  
Шифр і назва спеціальності  
Назва

Освітня програма "технології машинобудування"  
Назва

Шифр ДРБ.ФІТА.ПМ.23.12.ПЗ

Виконав студент 3 курсу група ПМТе-20-2  
Шифр

Керівник канд. техн. наук, доцент  
Назва ступеня, звання

Нормоконтролер канд. техн. наук, доцент

До захисту допускаю:

Завідувач кафедри технології машинобудування  
Назва

Дата «15» серпня 2023



Владислав ЛОСК  
Ім'я, прізвище



Катерина СОКОЛАН  
Ім'я, прізвище



Сергій БІШЬ  
Ім'я, прізвище



Віталій ТКАЧУК  
Ім'я, прізвище

Хмельницький 2023

РЕЦЕНЗІЯ НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ)

Дипломник Лоск Владислав Михайлович  
Тема Технологія виготовлення деталі "Палець 7.334.293" з використанням верстатів з ЧПК

Спеціальність 131 «Прикладна механіка»

Обсяг дипломного проекту (роботи)

Кількість листів 55; кількість сторінок 5 А1;  
записки 55

1. Короткий зміст проекту (роботи) та прийнятих рішень  
технологічний процес механічного оброблення деталі з використанням сучасного металорізального інструменту та обладнання з ЧПК, проектування пристрою верстатного для закріплення заготовки та контрольного пристрою, аналіз стану техніки безпеки на ділянці виготовлення заданої деталі
2. Висновок про відповідність проекту (роботи) дипломному завданню  
відповідає
3. Характеристика виконання кожного розділу проекту (роботи), ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи:

4. Позитивні сторони проекту (роботи) Застосування стандартів ISO 9001:2015, суцільний перехід до розробки процесів, впровадження системи контролю якості

5. Негативні сторони проекту (роботи) Відсутність окремих частин

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки проекту (роботи)  
позитивна

7. Відгук про проект (роботу) в цілому позитивний

8. Інші зауваження

9. Оцінка проекту (роботи) Відмінно

РЕЦЕНЗЕНТ Козуб Ірина Вікторівна, к.т.н., доц., со. викл.  
каф. архітектури та інженерного

«15» червня 2023 р.

[Підпис]  
К.т.н.

**РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ КАФЕДРИ ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ  
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ**



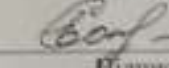
Підтверджуємо ознайомлення з результатами звіту/звітів подібності щодо роботи, продукованими програмно-технічним засобом перевірки текстів на плагіат:

Назва: «Технологія виготовлення деталі «Палець 7.334.293» з використанням верстатів з ЧПК»

Автор: ст. гр. ПМТс-2-2 Лосє В.М.  
Освітня програма: Технології машинобудування  
Спеціальність: 131 Прикладна механіка  
Науковий керівник: доц. Соколан К.С.

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом (далі – зазначаються підстави віднесення запозичень до правомірних, якщо потрібно). Робота приймається до захисту.	+
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи (далі – зазначаються детальні та аргументовані підстави віднесення запозичень до правомірних). Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована.	-
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота може бути допущена до захисту після того як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	-
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, перелбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	-
5	Інше: Збігання з одним документом 6%, сумарне збігання за базою даних символів (15%) і лексем (21%), а також помилок (9%) в допустимих межах.	+

*Підтвердження:* Наявності плагіату в кваліфікаційній роботі не виявлено. Робота приймається до захисту.

_____	Завідувач кафедри		/доц. Ткачук В.П./
Дата		Підпис	
	Гарант ОП		/доц. Карасій В.Д./
		Підпис	
	Керівник КРБ		/доц. Соколан К.С./
		Підпис	

# ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

## ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ

Направляється студент Лоск Владислав Михайлович на захист дипломного проєкту (роботи)

за спеціальністю 131 - Прикладна механіка

На тему: Технологія виготовлення деталі "Палець 7.334 293" з використанням верстатів з ЧПК

Дипломний проєкт (робота), рецензії і довідка про перевірку на плагіат додаються

Декан факультету

### ДОВІДКА УСПІШНОСТІ

Лоск В. М. за період навчання на факультеті інженерії, транспорту та архітектури з 2020 по 2023 роки повністю виконав навчальний план спеціальності з таким розподілом оцінок за національною шкалою: відмінно 18,75 %, добре 34,38 %, задовільно 46,88 % шкалою ЄКТС: А 16,22 %, В 10,81 %, С 21,62 %, D 16,22 %, E 35,14 %

Методист факультету

### ВИСНОВОК КЕРІВНИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ (РОБОТИ) ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОЦІНКИ

Студент Лоск В. М. приступив до роботи над дипломною роботою вчасно, виконав роботу на високому рівні, показав гарні знання як теоретичні, так і практичні.

Оцінка дипломного проєкту (роботи)

Керівник дипломного проєкту

Відмінно

Боні

Сокоран К.С.

24. червня 2023 р.

### ВИСНОВОК КАФЕДРИ ПРО ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ)

Дипломний проєкт (роботу) розглянуто. Студент Лоск В. М. допускається до захисту цього проєкту (роботи) в екзаменаційній комісії.

Завідувач кафедри

Технології машинобудування

Лоск Іван Іванович

24. червня 2023 р.

## ЗМІСТ

ВСТУП	4
1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	5
1.1 Завдання	5
1.2 Аналіз об'єкта виробництва	5
1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі	8
1.4 Вибір типу виробництва та організаційної форми	10
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	13
2.1 Аналіз існуючого технологічного процесу	13
2.2 Вибір і обґрунтування методу отримання заготовки	15
2.3 Вибір технологічних баз	19
2.4 Вибір технологічного маршруту обробки деталі	19
2.5 Розроблення технологічних операцій	24
2.6 Розрахунок припусків на механічну обробку	28
2.6.1 Аналітичний розрахунок припусків	30
2.6.2 Табличний розрахунок припусків	33
2.7 Призначення режимів різання	33
2.7.1 Розрахунок технічних норм часу при виконанні операцій	37
2.8 Розробка керуючої програми для верстата з ЧПК	39
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	39
3.1 Проектування верстатного пристрою для закріплення деталі на операції 015 – горизонтально-фрезерній.	44
3.1.1 Опис та принцип роботи пристрою	48
3.1.2 Вибір установчих елементів, схеми базування та закріплення заготовки у пристрої	48
3.1.3 Розрахунок необхідних сил закріплення заготовки у пристрої	48
3.1.4 Розрахунок елементів пристрою на міцність	48
3.1.5 Розрахунок елементів пристрою на точність	48
3.2 Проектування контрольно-вимірювального пристрою	

3.2.1 Розроблення схеми вимірювання	48
3.2.2 Розрахунок пристрою на точність	48
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	48
4.1. Аналіз техніки безпеки при роботі на верстатах HAAS	48
4.2. Автоматична робота	48
4.3 Роботизовані пристрої	48
4.4 Невідповідні МОР	48
ВИСНОВКИ	18
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	
ДОДАТКИ	

## ВСТУП

При підготовці до виконання бакалаврської дипломної роботи під час переддипломної практики був підібраний матеріал для виконання дипломної роботи. Підібрані кресленики деталі та заготовки, верстатного та вимірювального пристроїв, базовий технологічний процес механічного оброблення деталі «Палець 7.334.293».

Також було здійснено ознайомлення із організацією виробництва, та із техніко-економічними показниками виготовлення даної деталі.

Задача виконання бакалаврської дипломної роботи полягає у розробленні більш сучасного технологічного процесу механічного оброблення деталі, у використанні верстатів з ЧПК, сучасних верстатних пристроїв для механічного оброблення, більш ефективної організації робочих місць на дільниці та аналізуванні умов безпеки праці на дільниці.

При виконанні поставлених задач можна досягнути підвищення ефективності виготовлення осі керма, зниження собівартості деталі, зниження цехових витрат, а також, як наслідок, підвищення оплати робітників, зниження витрат на виготовлення заготовки, витрат на зношування інструменту внаслідок заміни його на сучасні аналоги.

## 1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

### 1.1 Завдання

Вихідними даними, отриманими під час проходження переддипломної практики є:

- робочий кресленик деталі;
- технічні умови на деталь;
- річна програма випуску;
- типовий технологічний процес.

Основним завданням бакалаврської дипломної роботи є розроблення технологічного процесу виготовлення деталі " Палець 7.334.293 " з використанням верстатів з ЧПК.

### 1.2 Аналіз об'єкта виробництва

Деталь «Палець 7.334.293» входить до складу одного із вузлів транспортного візка, який може бути як механічним, так і з електроприводом, що працює на акумуляторних батареях.

Такі механізми інтенсивно використовують в закритих приміщеннях для транспортування невеликих вантажів, а також для полегшення завантажувально-розвантажувальних операцій. Перевагою механізмів з електроприводом є відсутність забруднення повітря у приміщенні, що дозволяє обслуговуючому персоналу тривалий час працювати без шкоди для здоров'я. Потужність акумуляторних батарей дає можливість використовувати візок без додаткової зарядки протягом робочої зміни, що економічно ефективно для виробництва. Візки, в яких використовується вузол, що є завданням дипломної роботи, відноситься до моделей середньої потужності, спроможні переміщувати вантажі до 200 кг. Такого виду механізми використовують на середніх за величиною складах.

Візки даного типу можуть використовуватись не тільки у складському хазяйстві, але й для переміщення невеликих вантажів на невеликі відстані в межах суміжних цехів на різних виробництвах: це дозволяє скоротити час міжцехових перевезень заготовок та готової продукції на території машинобудівного підприємства.

Вище зазначена деталь, вісь керма, є корпусною деталлю, яка несе функцію сполучення тяги та керма керування візком. За допомогою отворів  $\varnothing 12$  мм вісь керма кріпиться до тяги, а за рахунок різьбових отворів кермо кріпиться на самій осі. Кермо встановлюється у вісь на пазу, що дає можливість переміщувати його не тільки в осьовому напрямку, але й у вертикальному. За рахунок переміщення керма у вертикальному положенні відбувається гідравлічний підйом лап візка, що забезпечує підйом вантажу та відрив його від полу для подальшого переміщення. За рахунок переміщення керма з віссю у радіальному напрямку відбувається керування візком під час руху.

### 1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі

Палець 7.334.293 є корпусною деталлю, яка сприймає, в основному, динамічні навантаження, в осьовому та радіальному напрямках, тому до цієї деталі пред'являються особливі вимоги щодо якості виготовлення, оскільки від її роботи залежить безперебійна робота всього механізму. Палець встановлюється на верхню частину тяги по внутрішньому отвору  $\varnothing 45$  мм та кріпиться за допомогою осі  $\varnothing 12$  мм. По зовнішньому діаметру  $\varnothing 60h6$  на вісь встановлюється саме кермо.

Деталь за своєю конструкцією технологічна, оскільки вона має циліндричну форму та поверхні, які піддаються обробці без особливих труднощів. Всі поверхні деталі знаходяться на одній осі, що полегшує базування її на механічній обробці та дає можливість спростити технологічний процес механічної обробки деталі.

При механічному обробленні деталі необхідно використовувати верстати з ЧПК та універсальне обладнання, яке в свою чергу можна швидко переналагоджувати на інші типи виробу.

З кресленника деталі видно, що для виконання всіх технологічних вимог на виготовлення осі керма необхідно спочатку обробити зовнішню поверхню  $\varnothing 60$  мм. В подальшому, базуючись по цьому діаметру, обробляти решту зовнішніх та внутрішніх поверхонь осі. Основні поверхні деталі обробляються на токарно-гвинторізному верстаті з ЧПК. На наступній операції на горизонтально-фрезерному верстаті фрезерується паз отвору, отвори під фіксуючі осі та отвори різьбові обробляються на вертикально-свердловальних верстатах. Кінцеву обробку деталі проводять на круглошліфувальному верстаті, на якому шліфується поверхня  $\varnothing 60h6$  мм.

Переміщення деталі по дільниці механізовано, переміщуються вони в процесі оброблення поштучно або у спеціальній тарі. Біля верстатів встановлюються стелажі для накопичення деталей.

Вісь керма проста за конфігурацією та за видом використовуваного обладнання. Тому можна зробити висновок, що деталь технологічна.

#### 1.4 Визначення типу і організаційної форми виробництва

Виходячи із розміру річної програми випуску  $N = 80000$  штук і маси готової деталі  $m = 2,3$  кг встановлюємо тип виробництва – середньосерійне виробництво [6, с.24].

Таблиця 1.1 - Залежність типу виробництва від об'єму виготовлення (шт) і маси деталі

Маса деталі, кг	Тип виробництва				
	одиничне	малосерійне	середньосерійне	крупносерійне	масове
<1.0	<10	10–2000	1500–100 000	75 000–	>200 000
1.0–2.5	<10	10–1000	1000–50 000	50 000–100	>100 000
2.5–5.0	<10	10–500	500–35 000	35 000–75 000	>75 000
5.0–10	<10	10–300	300–25 000	25 000–50 000	>50 000
>10	<10	10–200	200–10 000	10 000–25 000	>25 000

Форми організації технологічних процесів у відповідності до ДСТУ 2960-94 «Організація промислового виробництва» – потокова і групова. Використання потокової форми має доцільність при розрахунковій добовій продуктивності при двозмінному режимі роботи та завантаженні на 65...75%.

Звідси робимо висновок про недоцільність однономенклатурної потокової лінії. Приймається рішення про застосування групової форми організації виробництва, при якому запуск виробів у виробництво здійснюється періодично виробничими партіями, що є ознакою серійного виробництва.

Заданий розмір партії запуску виробів визначається за формулою:

$$n = \frac{N_p}{254} \cdot a,$$

де  $N_p$  - річна програма випуску,  $N_p = 80000$  шт.;

$a$  - періодичність запуску деталей,  $a = 6$  днів.

$$n = \frac{80000}{254} \cdot 6 = 1890 \text{ деталей.}$$

## 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 2.1 Аналіз існуючого технологічного процесу

Заводський технологічний процес механічного оброблення деталі «Палець 7.334.293» покажемо у вигляді таблиці 2.1

Номер операції	Назва і зміст операції
005	Токарно-гвинторізна з ЧПК 1.Точити поверхні $\varnothing 60$ , $\varnothing 63$ мм попередньо з утворенням канавок. 2.Переустановити заготовку. 3.Точити поверхню $\varnothing 58$ , розточити ступінчастий отвір $\varnothing 40$ , $\varnothing 45$ попередньо. 4.Точити фаску $1 \times 45^0$ .
010	Токарно-гвинторізна 1.Точити поверхню $\varnothing 45H7$ кінцево.
015	Горизонтально-фрезерна 1.Фрезерувати паз в розмір 47 мм.
020	Вертикально-свердлувальна 1.Свердлити отвір $\varnothing 12$ мм.
025	Вертикально-свердлувальна 1.Свердлити три отвори $\varnothing 8$ мм та $\varnothing 8,43$ з переустановкою заготовки та зміною інструменту.
030	Вертикально-свердлувальна 1.Свердлити отвір $\varnothing 4,85$ мм.
035	Вертикально-свердлувальна 1.Нарізати різьбу M10 в 2-х отворах з переустановкою. 2.Переустановити заготовку та інструмент. 3.Нарізати різьбу M6.
040	Круглошліфувальна 1.Шліфувати поверхню $\varnothing 60h6$ .

В зв'язку з тим, що даний технологічний процес розрахований на малосерійне виробництво, він має деякі недоліки. А саме: використання високопродуктивного обладнання на початкових операціях, де його потенціал використовується тільки на 15% та наявність допоміжних переходів та прийомів, що значно збільшує допоміжний час на операціях та збільшує трудомісткість виготовлення деталі, що призводить до високої її собівартості.

Для покращення технологічного процесу виготовлення деталі можна першу та другу операції роз'єднати, виключивши при цьому перевстановлення заготовки. Ще рекомендуємо використовувати спеціальні пристрої для закріплення заготовки на свердлувальних операціях. Для нарізання різьби пропонуємо використовувати різьбонарізний верстат з швидкозмінним патроном для різального інструменту. Ці заходи дозволять зменшити собівартість деталі.

## 2.2 Вибір і обґрунтування методу отримання заготовки

На вибір методу отримання заготовки впливають наступні фактори: матеріал, призначення деталі, технічні вимоги на виготовлення, конструктивні параметри поверхонь та розміри деталі.

Вибір оптимального способу отримання заготовки проводиться на основі аналізу вказаних факторів та техніко – економічного розрахунку виготовлення заготовки, а саме, її технологічної собівартості. Метод отримання заготовки, який забезпечує технологічність виготовлення деталі за мінімальної собівартості, є оптимальним.

Вісь - це тіло обертання, за такої конфігурації доцільно використовувати прокат при отриманні заготовки. Це може бути круглий прокат, без оброблення шийки осі  $\varnothing 63$  мм або труба, якщо є можливість підібрати розміри за сортаментом. Різниця цих варіантів полягає в тому, що вартість круглого прокату майже в два рази менше за вартість трубного прокату, але коефіцієнт використання матеріалу такої заготовки значно більший, ніж у заготовки із труби.

Рішення приймається після розрахунку собівартості заготовки.

Собівартість заготовки із круглого прокату.

Економічне обґрунтування вибору заготовки за першим варіантом.

Витрати на матеріал заготовки:

$$M = \frac{QS}{1000} - (Q - q) \frac{S_{\text{відх}}}{1000},$$

де  $Q$  - маса заготовки, кг,  $Q = 5,5$ ;

$S$  - ціна 1 т матеріалу заготовки, грн,  $S = 16000$ ;

$q$  - маса готової деталі, кг  $q = 2,5$ ;

$S_{\text{відх}}$  - ціна 1 т відходів, грн,  $S_{\text{відх}} = 2400$ .

Отже, витрати на матеріал становлять:

$$M = \frac{5,5 \cdot 16000}{1000} - (5,5 - 2,5) \frac{2400}{1000} = 180,08 \text{ грн.}$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{\text{в.м.}} = \frac{2,5}{5,5} = 0,45.$$

Собівартість заготовки із трубного прокату.

Економічне обґрунтування вибору заготовки за другим варіантом.

Витрати на матеріал заготовки:

$$M = \frac{QS}{1000} - (Q - q) \frac{S_{\text{відх}}}{1000},$$

де  $Q$  - маса заготовки, кг,  $Q = 3,6$ ;

$S$  - ціна 1 т матеріалу заготовки, грн,  $S = 23000$ ;

$q$  - маса готової деталі, кг  $q = 2,5$ ;

$S_{\text{відх}}$  - ціна 1 т відходів, грн,  $S_{\text{відх}} = 2400$ .

Отже, витрати на матеріал становлять:

$$M = \frac{3,6 \cdot 23000}{1000} - (3,6 - 2,5) \frac{2400}{1000} = 180,02 \text{ грн.}$$

Визначаємо коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{в.м.} = \frac{2,5}{3,6} = 0,69.$$

Аналіз проведеного розрахунку показує, що ціна заготовки із круглого прокату майже така ж, як і ціна заготовки із трубного прокату.

### 2.3 Вибір технологічних баз

Вибір технологічних баз визначає точність лінійних розмірів, точність відносного положення поверхонь, що одержуються в процесі оброблення, вибір різального та вимірювального інструментів, верстатних пристроїв, методів контролювання, продуктивність оброблення тощо.

Виконуючи аналіз точності технологічного процесу механічного оброблення заготовки, технологічні бази показують, використовуючи ДСТУ 2232-93 [16].

Першою операцією оброблення деталі є точіння чорнове і чистове поверхні  $\varnothing 60$  мм із підрізкою торця. В якості чорнкової бази для цієї операції обираємо необроблену зовнішню поверхню заготовки  $\varnothing 63,5$  мм та торець заготовки. За чистову базу приймаємо оброблену поверхню  $\varnothing 60$  мм.

## 2.4 Вибір технологічного маршруту обробки деталі

Технологічний маршрут механічної обробки деталі „палець” покажемо у вигляді таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Технологічний маршрут механічної обробки деталі “палець”

№ операції	Найменування операції	Обладнання
005	Токарна з ЧПК	Токарний з ЧПК HAAS TL-1
010	Токарна з ЧПК	Токарний з ЧПК HAAS TL-1
015	Горизонтально-фрезерна	Горизонтально-фрезерний 6M82
020	Вертикально-свердлувальна з ЧПК	Вертикально-свердлувальний з ЧПК 2H125Ф2
025	Вертикально-свердлувальна з ЧПК	Вертикально-свердлувальний з ЧПК 2H125Ф2
030	Вертикально-свердлувальна	Вертикально-свердлувальний 2H125
035	Вертикально-свердлувальна	Вертикально-свердлувальний 2H125
040	Круглошліфувальна	Круглошліфувальний 3Б153
045	Контрольна	Стіл ВТК

## 2.5 Розроблення технологічних операцій

Технологічний процес механічного оброблення деталі „палець” із розробленням технологічних операцій покажемо у вигляді таблиці 2.3. Нумерація поверхні зроблена згідно рисунка 2.1.

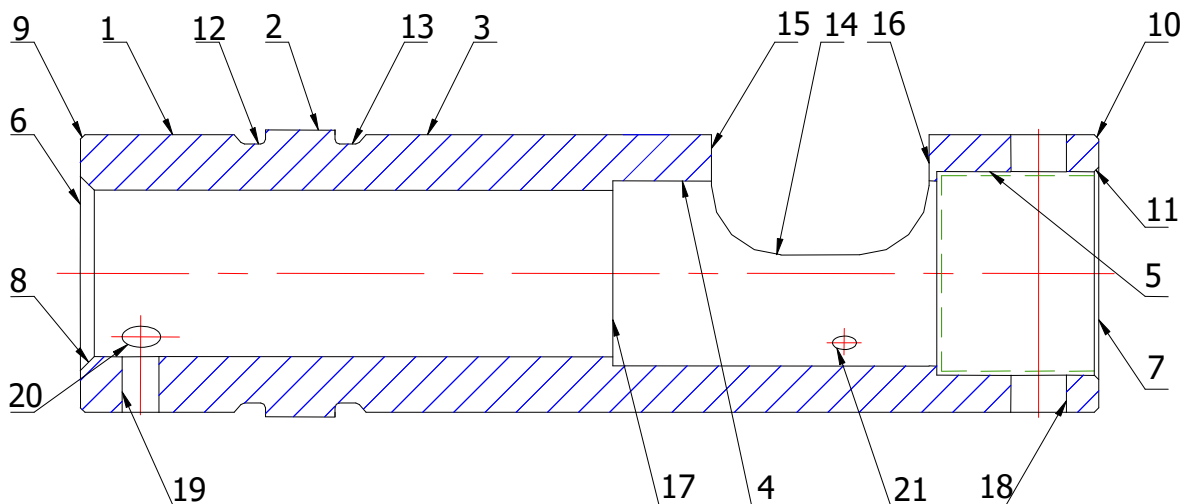


Рис. 2.1 Схематичне зображення поверхонь деталі

Таблиця 2.3 - Технологічний процес механічного оброблення деталі “палець”

№ операції	Найменування операції	Зміст операції	Обладнання
005	Токарна з ЧПК	Точити поверхні 1, 2, 6, 8, 9, 12, 13 попередньо та кінцево.	Токарний з ЧПК HAAS TL-1

010	Токарна з ЧПК	Точити поверхні 3, 4, 5, 7, 10, 11 попередньо та кінцево.	Токарний з ЧПК НААС TL-1
015	Горизонтально-фрезерна	Фрезерувати поверхні 14, 15, 16.	Горизонтально-фрезерний 6М82
020	Вертикально-свердловальна з ЧПК	Свердлити поверхню 18.	Вертикально-свердловальний з ЧПК 2Н125Ф2
025	Вертикально-свердловальна з ЧПК	Свердлити поверхню 19.	Вертикально-свердловальний з ЧПК 2Н125Ф2
030	Вертикально-свердловальна	Свердлити поверхню 21. Нарізати різьбу на поверхні 21.	Вертикально-свердловальний 2Н125
035	Вертикально-свердловальна	Свердлити поверхню 20. Нарізати різьбу на поверхні 20.	Вертикально-свердловальний 2Н125
040	Круглошліфувальна	Шліфувати поверхню 1.	Круглошліфувальний 3Б153
045	Контрольна	Контролювати радіальне биття поверхні $\varnothing 60$ відносно осі.	Стіл ВТК

## 2.6 Розрахунок припусків на механічну обробку

### 2.6.1 Аналітичний розрахунок припусків

Технологічний маршрут оброблення поверхні  $\varnothing 60h6$  складається із дворазового точіння та шліфування.

Значення  $R_z$  і  $T$  для заготовки вибираємо із [11, табл.1, с.180]. Значення  $R_z$  і  $T$  після механічної обробки – із [11, табл.5, с.181]; технологічні допуски  $\delta$  - із [11, табл.4, с.8].

Розглянемо обробку осі за переходами.

### 1. Шліфування.

Розрахунок ведемо за формулою:

$$2z_{min} = 2 \cdot (Rz + T + \rho^2), \text{ мм.}$$

Обробка ведеться в центрах.

$$Rz = 25 \text{ мкм}, \quad T = 25 \text{ мкм.}$$

Знаходимо значення просторової похибки:

$$\rho = \sqrt{\rho_k^2 + \rho_\phi^2},$$

де  $\rho_k$  - кривизна заготовки,  $\rho_k = \Delta k \cdot l$ , мкм;

$$\Delta k = 1 \text{ мкмк/мм};$$

$$l = 223 \text{ мм,}$$

$$\rho_k = 1 \cdot 223 = 223 \text{ мкм / мм};$$

$\rho_\phi$  - похибка точіння фасок, на які базується деталь при шліфуванні:

$$\rho_\phi = 0,25 \cdot \sqrt{\delta^2 + 1};$$

де  $\delta$  - допуск в мм на діаметр базової поверхні заготовки,  $\delta = 0,1$  мм.

$$\rho_\phi = 0,25 \cdot \sqrt{0,1 + 1} = 0,025 \text{ мм.}$$

Отже, значення просторової похибки:

$$\rho = \sqrt{223^2 + 25^2} = 224 \text{ мкм.}$$

Залишкова величина просторових відхилень ([11], ст. 73):

$$\rho_1 = 0,05 \cdot 224 = 11,2 \text{ мкм} .$$

Отже, значення мінімального припуску становить:

$$2z_{min} = 2 \cdot (25 + 25 + 11,2^2) = 122,4 \text{ мкм} .$$

Визначаємо максимальний припуск:

$$2z_{max} = 2z_{min} - \delta_{D_i} + \delta_{D_{i-1}} ,$$

де  $\delta_{D_i} = 0,019$  мм – допуск на розмір на переході, що виконується;

$\delta_{D_{i-1}} = 0,074$  мм – допуск на розмір на попередньому переході.

Отже, значення максимального припуску становить:

$$2z_{max} = 122,4 - 19 + 74 = 177,4 \text{ мкм} .$$

Приймаємо  $2z_{max} = 0,2 \text{ мм}$  .

## 2. Чистове точіння.

$$Rz = 100 \text{ мкм} , T = 100 \text{ мкм} .$$

Знаходимо значення просторової похибки:

$$\rho_k = \Delta k \cdot 0,5l$$

де  $\rho_k$  - кривизна заготовки, ,мкм;

$$\Delta k = 1 \text{ мкмк/мм};$$

$$0,5l = 112 \text{ мм},$$

$$\rho_k = 1 \cdot 112 = 112 \text{ мкм / мм} ;$$

Залишкова величина просторових відхилень ([11], ст. 73):

$$\rho_1 = 0,06 \cdot 112 = 6,7 \text{ мкм} .$$

Похибка базування становить [11]:

$$\varepsilon_{\sigma} = \sqrt{\varepsilon_{\text{рад}}^2 + \varepsilon_{\text{ос}}^2} = \sqrt{50^2 + 30^2} = 58,3 \text{ мкм.}$$

Значення мінімального припуску:

$$2z_{\text{min}} = 2 \cdot (Rz + T + \sqrt{\rho^2 + \varepsilon^2}) = 2 \cdot (100 + 100 + \sqrt{6,7^2 + 58,3^2}) = 517,4 \text{ мкм.}$$

Значення максимального припуску:

$$2z_{\text{max}} = 2z_{\text{min}} - \delta_{D_i} + \delta_{D_{i-1}},$$

де  $\delta_{D_i} = 0,72$  мм – допуск на розмір на переході, що виконується;

$\delta_{D_{i-1}} = 1,4$  мм – допуск на розмір на попередньому переході.

$$2z_{\text{max}} = 0,535 - 0,72 + 1,4 = 1,05 \text{ мм.}$$

Приймаємо  $2z_{\text{max}} = 1 \text{ мм}$ .

### 3. Чорнове точіння.

$$Rz = 150 \text{ мкм}, T = 250 \text{ мкм.}$$

Знаходимо значення просторової похибки:

$$\rho_k = \Delta k \cdot 0,5l$$

де  $\rho_k$  - кривизна заготовки, мкм;

$$\Delta k = 1 \text{ мкмк/мм};$$

$$0,5l = 112 \text{ мм,}$$

$$\rho_k = 1 \cdot 112 = 112 \text{ мкм / мм};$$

Похибка базування становить [11]:

$$\varepsilon_{\sigma} = \sqrt{\varepsilon_{\text{рад}}^2 + \varepsilon_{\text{ос}}^2} = \sqrt{50^2 + 30^2} = 58,3 \text{ мкм.}$$

Значення мінімального припуску:

$$2z_{min} = 2 \cdot (Rz + T + \sqrt{\rho^2 + \varepsilon^2}) = 2 \cdot (150 + 250 + \sqrt{112^2 + 58,3^2}) = 1052 \text{ мкм} .$$

Значення максимального припуску:

$$2z_{max} = 2z_{min} - \delta_{D_i} + \delta_{D_{i-1}},$$

де  $\delta_{D_i} = 1,4$  мм – допуск на розмір на переході, що виконується;

$\delta_{D_{i-1}} = 1,9$  мм – допуск на розмір на попередньому переході.

$$2z_{max} = 1,052 - 1,4 + 1,9 = 1,55 \text{ мм} .$$

Приймаємо  $2z_{max} = 2 \text{ мм}$  .

### 2.6.2 Табличний розрахунок припусків

На всі інші розміри припуски і допуски призначаємо табличним методом і показуємо їх у вигляді таблиці 2.4. Позначення поверхонь дивись на рис. 2.1.

Таблиця 2.4 – Значення припусків та допусків на всіх поверхнях деталі

Метод обробки	Квалітет точності	Параметр шорсткості	Припуск		Операційний розмір	
			max	min	розрахунковий	прийнятний
Поверхня 1						
Шліфування	h6	Ra 2,5	0,2	0,12	60,2	60,2
Точіння чистове	h12	Ra 6,3	1,0	0,517	61,2	61,5
Точіння чорнове	h14	Ra 12,5	2,0	1,05	63,5	63,5
Поверхня 2						
Точіння одноразове	h14	Ra6,3	0,5	0,4	63,5	63,5
Поверхня 3						
Точіння одноразове	h14	Ra6,3	2,0	1,05	60	63,5
Поверхня 4						
Точіння одноразове	h14	Ra6,3	1,0	0,517	39	38
Поверхня 5						
Розточування чистове	H7	Ra2,5	1,0	0,517	44	44
Розточування чорнове	H8	Ra6,3	2,0	1,05	42	38
Поверхня 6						
Точіння одноразове	IT14/2	Ra6,3	1,0	0,48	224	224
Поверхня 7						
Точіння одноразове	IT14/2	Ra6,3	1,0	0,48	225	225

Решта поверхонь припусків не має.

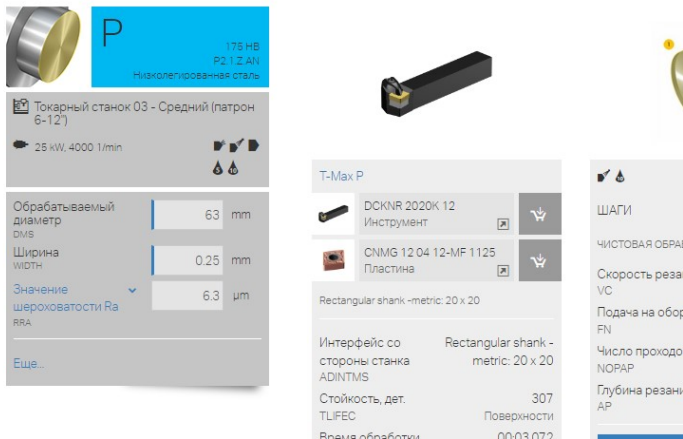
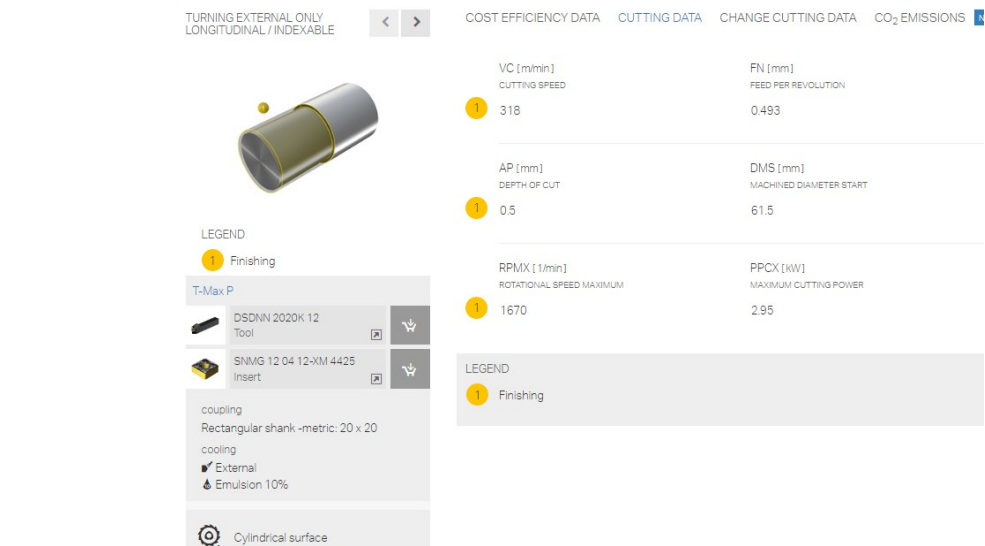
## 2.7 Призначення режимів різання

Режими різання призначаємо за програмою Coro Plus Tool Guide від Sandvik Coromant. Різальний інструмент обираємо фірми Sandvik Coromant.

Матеріал деталі - сталь 45, за класифікацією Sandvik Coromant – низьколегована сталь P2.1.Z.AN.

Результати покажемо у вигляді таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 - Режими різання

Номер операції	Назва і зміст операції	Режим різання				
		$t$ , мм	$S$ , мм/об	$n$ , об/хв	$V$ , м/хв	$T_o$ , хв
005 Токарна з ЧПК	1.Точити поверхню 2.	0,25	0,408	1670	163	0,0307
						
	2.Точити поверхню 1 попередньо	1,0	0,493	1670	318	0,0204
						
	3.Точити поверхню 1 кінцево.	0,5	0,225	2160	407	0,0564

CYLINDRICAL SURFACE

TURNING EXTERNAL ONLY LONGITUDINAL / INDEXABLE

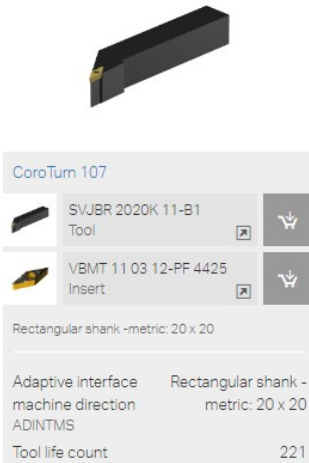
CUTTING DATA



**P** 175 HB  
P2 (1,2 AN)  
Low-alloy steel

Lathe 03 - Medium (6-12" chuck)  
25 kW, 4000 1/min

Machined diameter start DMS: 60.5 mm  
Machined diameter end DME: 60 mm  
Machined length LM: 44 mm  
Ra roughness value longitudinal RRA: 1.25 µm  
Include PrimeTurning™ results: ON



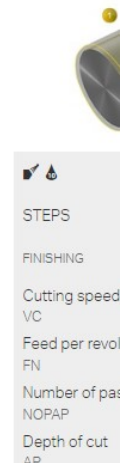
CoroTurn 107

SVJBR 2020K 11-B1 Tool  
VBMT 11 03 12-PF 4425 Insert

Rectangular shank -metric: 20 x 20

Adaptive interface Rectangular shank - machine direction metric: 20 x 20  
ADINTMS

Tool life count: 221



STEPS

FINISHING

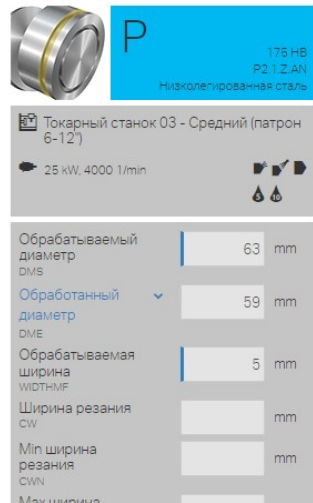
Cutting speed VC  
Feed per revol FN  
Number of pass NOPAP  
Depth of cut AP

4.Точити поверхню 13. 2,0 0,968 2520 253 0,00234

НАРУЖНАЯ КАНАВКА

TURNING EXTERNAL NON-LINEAR / СМЕННАЯ

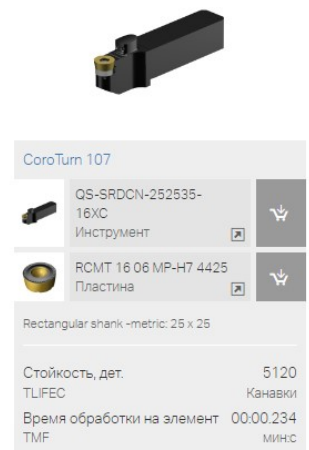
РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ



**P** 175 HB  
P2 (1,2 AN)  
низколегированная сталь

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

Обработываемый диаметр DMS: 63 mm  
Обработанный диаметр DME: 59 mm  
Обработываемая ширина WIDTHMF: 5 mm  
Ширина резания CW: mm  
Min ширина резания CWN: mm

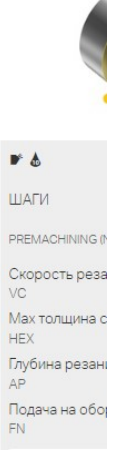


CoroTurn 107

QS-SRDCN-252535-16XC Инструмент  
RCMT 16 06 MP-H7 4425 Пластина

Rectangular shank -metric: 25 x 25

Стойкость, дет. TLIFEC: 5120 Канавки  
Время обработки на элемент TMF: 00:00.234 мин:с



ШАГИ

PREMACHINING

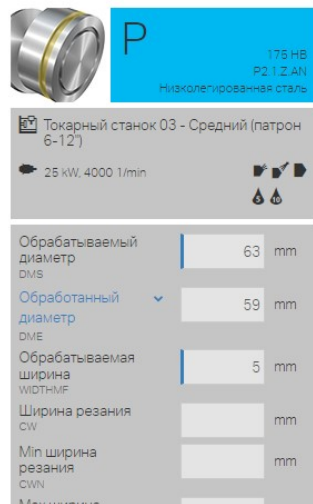
Скорость реза VC  
Max толщина с HEX  
Глубина резания AP  
Подача на оборот FN

5.Точити поверхню 12. 2,0 0,968 2520 253 0,00234

НАРУЖНАЯ КАНАВКА

TURNING EXTERNAL NON-LINEAR / СМЕННАЯ

РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ



**P** 175 HB  
P2 (1,2 AN)  
низколегированная сталь

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

Обработываемый диаметр DMS: 63 mm  
Обработанный диаметр DME: 59 mm  
Обработываемая ширина WIDTHMF: 5 mm  
Ширина резания CW: mm  
Min ширина резания CWN: mm

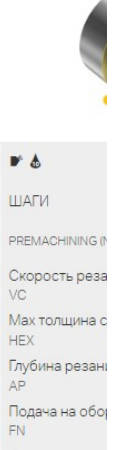


CoroTurn 107

QS-SRDCN-252535-16XC Инструмент  
RCMT 16 06 MP-H7 4425 Пластина

Rectangular shank -metric: 25 x 25

Стойкость, дет. TLIFEC: 5120 Канавки  
Время обработки на элемент TMF: 00:00.234 мин:с


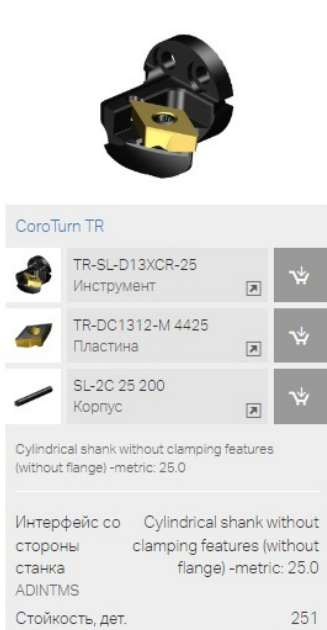
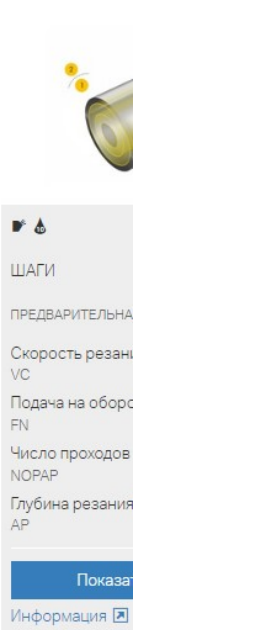
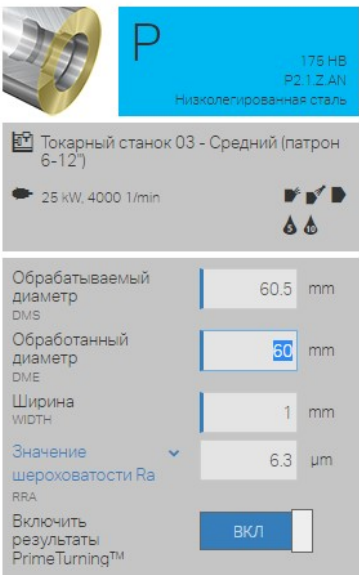

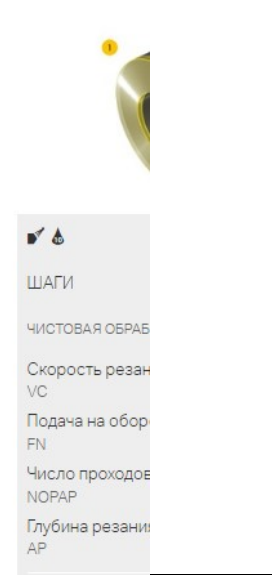


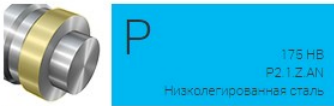


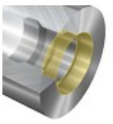


ШАГИ

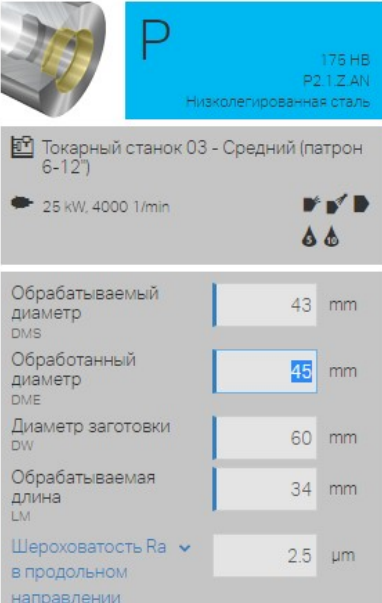
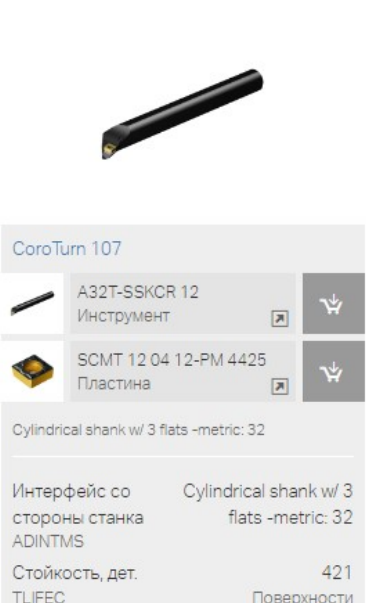
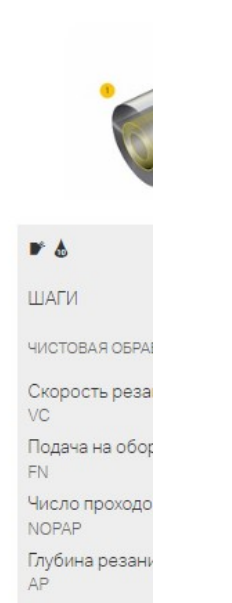
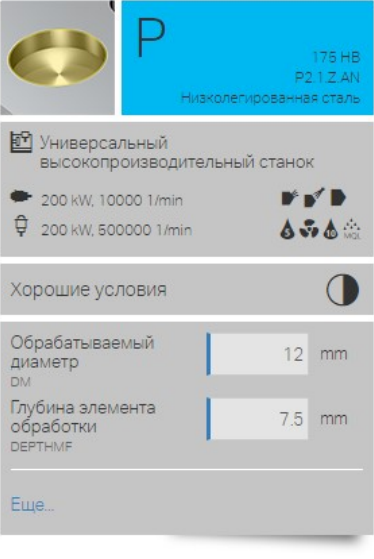
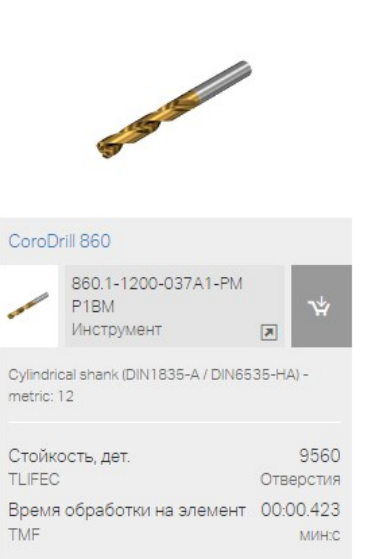
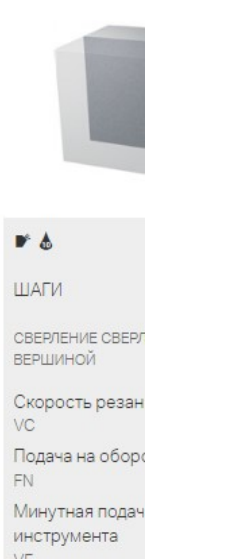
PREMACHINING

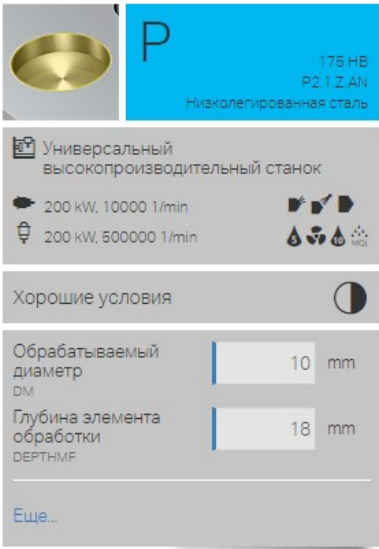
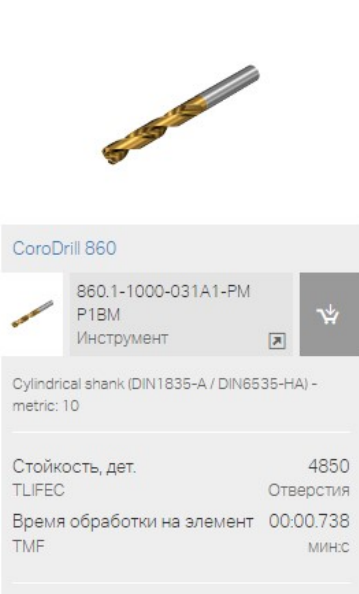
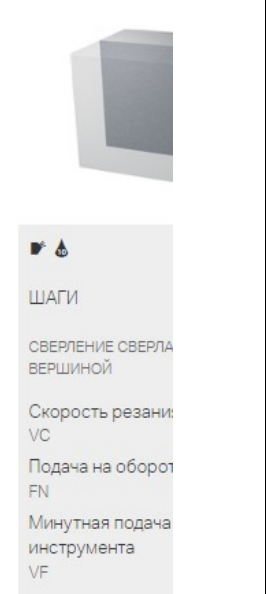
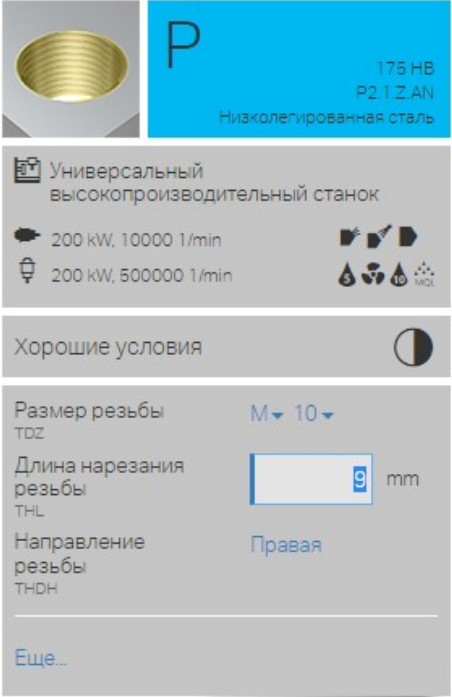
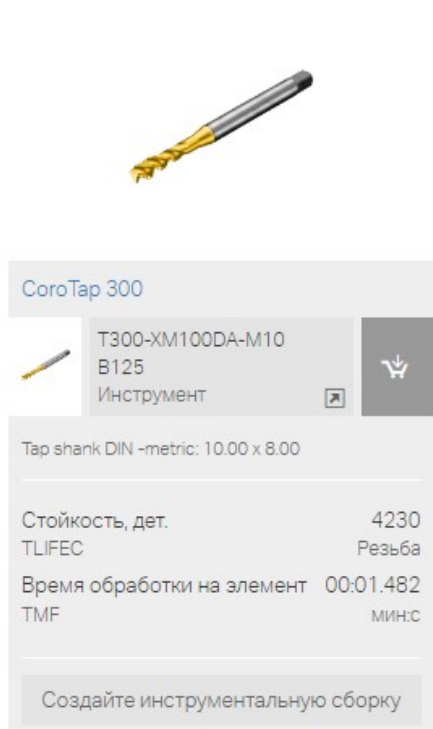
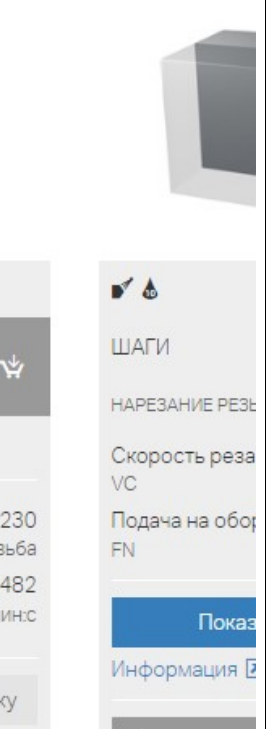
Скорость реза VC  
Max толщина с HEX  
Глубина резания AP  
Подача на оборот FN

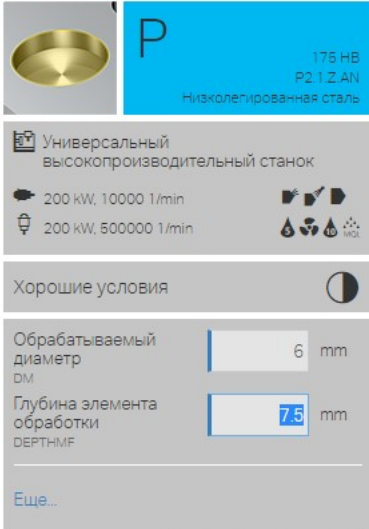
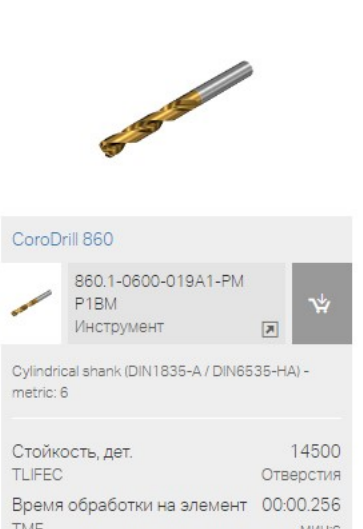
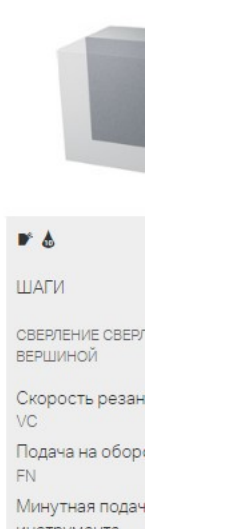
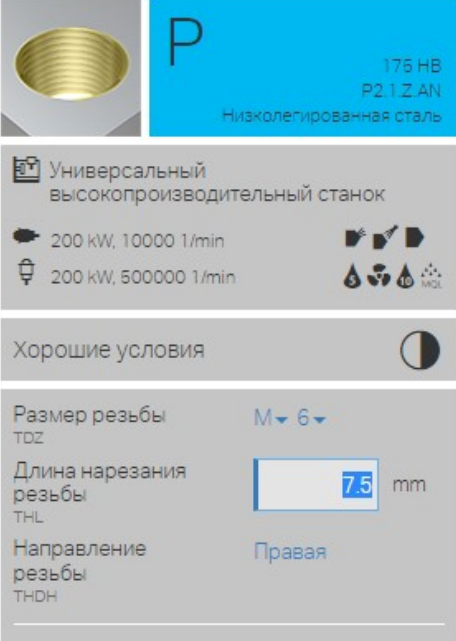
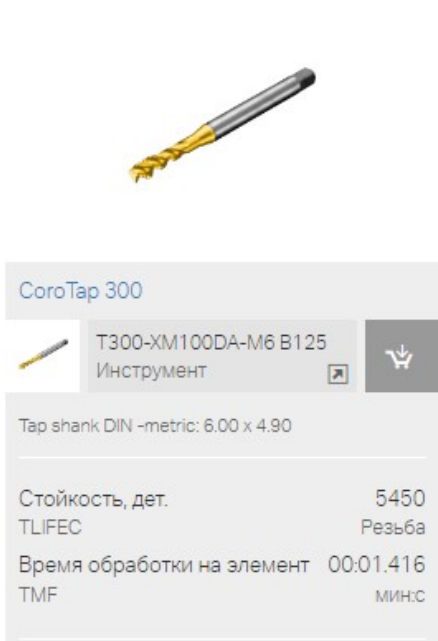
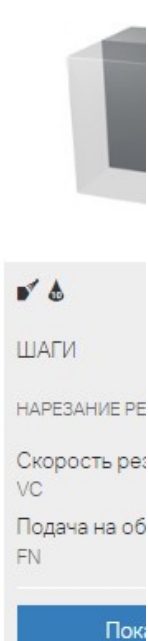
6.Точити поверхню 8. 1,0 0,408 1670 163 0,002

	7.Точити поверхню 9.	1,0	0,408	1670	163	0,002
	8.Точити поверхню 6.	1,0	0,408	1670	163	0,0024
	1.Розточити поверхню 4.	1,0	0,338	2650	334	0,05106
	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 30%;"> <p>ВНУТРЕННЯЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ ПОВЕРХНОСТЬ В СИММЕТРИЧНОЙ ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ДЕТАЛИ</p>  </div> <div style="width: 35%;"> <p>ТОЧЕНИЕ ВНУТРЕННЕЕ ТОЛЬКО ПРОДОЛЬНОЕ / СМЕННАЯ ГОЛОВКА</p>  </div> <div style="width: 30%;"> <p>РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ</p>  </div> </div>					
	2.Точити поверхню 7.	1,0	0,566	1610	303	0,00026
	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 30%;"> <p>ОБРАБОТКА ТОРЦА ТРУБЫ</p>  </div> <div style="width: 35%;"> <p>ТОЧЕНИЕ НАРУЖНОЕ, ТОЛЬКО ПОДРЕЗКА ТОРЦА / СМЕННАЯ</p>  </div> <div style="width: 30%;"> <p>РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ</p>  </div> </div>					
	3.Точити поверхню 3.	1,5	0,25	2070	352	0,1014

	<p>ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ ПОВЕРХНОСТЬ</p>  <p>175 HB P2, I, Z, AN Низколегированная сталь</p> <p>Токарный станок 03 - Средний (патрон 6-12") 25 kW, 4000 1/min</p> <p>Обрабатываемый диаметр DMS: 63 mm Обработанный диаметр DME: 61 mm Обрабатываемая длина LM: 123 mm Шероховатость Ra в продольном направлении RRA: 1,25 µm Включить результаты Prime Turning™: <input checked="" type="checkbox"/></p>	<p>TURNING EXTERNAL ONLY LONGITUDINAL BACKWARD / СМЕННАЯ</p>  <p>CoroTurn Prime</p> <p>CP-25BR-2020-12 Инструмент CP-B1208D-M5W 4425 Пластина</p> <p>Rectangular shank -metric: 20 x 20</p> <p>Интерфейс со стороны станка ADINTMS Стойкость, дет. TLIFEC: 124 Поверхности Время обработки на элемент TME: 00:10.140 мин:с</p>	<p>РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ</p>  <p>PrimeTurn специализированная программа Узнайте больше</p> <p>ШАГИ</p> <p>ВРЕЗАНИЕ С ТОРЦА</p> <p>Скорость резания VC Подача на оборот FN Число проходов NORAP</p>		
4. Розточити поверхню 5 поперечно.	2,5	0,311	2620	334	0,05478
	<p>ВНУТРЕННЯЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ ПОВЕРХНОСТЬ В СИММЕТРИЧНОЙ ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ДЕТАЛИ</p>  <p>175 HB P2, I, Z, AN Низколегированная сталь</p> <p>Токарный станок 03 - Средний (патрон 6-12") 25 kW, 4000 1/min</p> <p>Обрабатываемый диаметр DMS: 38 mm Обработанный диаметр DME: 43 mm Диаметр заготовки DW: 60 mm Обрабатываемая длина LM: 34 mm Шероховатость Ra в продольном направлении RRA: 2,5 µm</p>	<p>ТОЧЕНИЕ ВНУТРЕННЕЕ ТОЛЬКО ПРОДОЛЬНОЕ / СМЕННАЯ</p>  <p>CoroTurn 107</p> <p>A16R-SSKCR 09-R Инструмент SCMT 09 T3 12-PR 4425 Пластина</p> <p>Cylindrical shank without clamping features (without flange) -metric: 16.00</p> <p>Интерфейс со стороны станка ADINTMS Стойкость, дет. TLIFEC: 232 Поверхности Время обработки на элемент TME: 00:05.478 мин:с</p>	<p>РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ</p>  <p>ШАГИ</p> <p>ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ</p> <p>Скорость резания VC Подача на оборот FN Число проходов в NORAP Глубина резания AP</p> <p>Показать информацию</p>		
5. Розточити поверхню 5 кінцево.	1,0	0,30	2380	337	0,03

	<p>ВНУТРЕННЯЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ ПОВЕРХНОСТЬ В СИММЕТРИЧНОЙ ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ДЕТАЛИ</p> 	<p>ТОЧЕНИЕ ВНУТРЕННЕЕ ТОЛЬКО ПРОДОЛЬНОЕ / СМЕННАЯ</p> 	<p>РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ</p> 			
	6. Точити поверхню 10.	1,0	0,408	1670	163	0,002
	7. Точити поверхню 11.	1,0	0,408	1670	163	0,002
015	Горизонтально-фрезерна 1, 2, 3. Фрезерувати поверхні 14, 15, 16.	26,5	1,0	63	39,5	2,127
020	Вертикально-свердлувальна з ЧПК 1. Свердлити отвір 18.	6,0	0,3	4530	171	0,00423
	<p>ЦИЛИНДРИЧЕСКОЕ ОТВЕРСТИЕ В ЦЕЛЬНОМ МАТЕРИАЛЕ</p> 	<p>СВЕРЛЕНИЕ СВЕРЛАМИ С МОНОЛИТНОЙ РЕЖУЩЕЙ ЧАСТЬЮ / ЦЕЛЬН.</p> 	<p>РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ</p> 			
025	Вертикально-свердлувальна з ЧПК 1. Свердлити отвір 19.	5,0	0,3	5510	173	0,00738

	<p>ЦИЛИНДРИЧЕСКОЕ ОТВЕРСТИЕ В ЦЕЛЬНОМ МАТЕРИАЛЕ</p> 	<p>СВЕРЛЕНИЕ СВЁРЛАМИ С МОНОЛИТНОЙ РЕЖУЩЕЙ ЧАСТЬ. / ЦЕЛЪН.</p> 	<p>РЕЖИМЫ РЕЗАНИИ</p> 			
030	<p>Вертикально-свердлувальна 1.Свердлити отвір 20. 2. Нарізати різьбу в отворі 20.</p>	5,0	0,3	5510	173	0,00738
		0,8	1,5	2330	73,1	0,01482
	<p>РЕЗЬБА В СКВОЗНОМ ОТВЕРСТИИ</p> 	<p>НАРЕЗАНИЕ РЕЗЬБЫ МЕТЧИКОМ / ЦЕЛЪН.</p> 	<p>РЕЖИМЫ РЕЗАНИИ</p> 			
035	<p>Вертикально-свердлувальна 1.Свердлити отвір 21.</p>	3,0	0,22	9380	177	0,00256

	<p>ЦИЛИНДРИЧЕСКОЕ ОТВЕРСТИЕ В ЦЕЛЬНОМ МАТЕРИАЛЕ</p> 	<p>СВЕРЛЕНИЕ СВЁРЛАМИ С МОНОЛИТНОЙ РЕЖУЩЕЙ ЧАСТЬ. / ЦЕЛЬН.</p> 	<p>РЕЖИМЫ РЕЗАНИ</p> 			
	<p>2. Нарізати різьбу в отворі 21.</p>	<p>0,5</p>	<p>1,0</p>	<p>3320</p>	<p>62,5</p>	<p>0,01416</p>
	<p>РЕЗЬБА В СКВОЗНОМ ОТВЕРСТИИ</p> 	<p>НАРЕЗАНИЕ РЕЗЬБЫ МЕТЧИКОМ / ЦЕЛЬН.</p> 	<p>РЕЖИМЫ РЕЗ.</p> 			
<p>040</p>	<p>Круглошліфувальна 1.Шліфувати поверхню 1.</p>	<p>0,1</p>	<p>0,36</p>	<p>160</p>	<p>30 м/с</p>	<p>0,258</p>

### 2.7.1 Розрахунок технічних норм часу при виконанні операцій

Проведемо розрахунок технічних норм часу в умовах серійного виробництва розрахунково – аналітичним способом.

В серійному виробництві норма штучно-калькуляційного часу розраховується за формулою:

$$t_{шт.к.} = t_o + t_{дон} + t_{обс} + t_{відп} + \frac{T_{п.з.}}{n},$$

де  $t_o$  - основний технологічний час, хв;

$t_{обс}$  - час на обслуговування робочого місця, хв;

$t_{відп}$  - час на відпочинок та особисті потреби робітника, хв;

$T_{п.з.}$  - підготовчо-заклучний час на партію деталей, хв;

$n$  - розмір партії деталей, шт;

$t_{дон}$  - допоміжний час, який складається:

$$t_{дон} = t_{в.з.} + t_{з.в.} + t_k + t_{зуп} + t_{вим},$$

де  $t_{в.з.}$  - час на встановлення та зняття заготовки, хв;

$t_{з.в.}$  - час на закріплення та відкріплення заготовки, хв;

$t_k$  - час на прийоми керування верстатом, хв;

$t_{зуп}$  - час на очікування зупинки шпинделя, хв;

$t_{вим}$  - час на вимірювання заготовки, хв.

Розмір партії деталей підрахуємо, виходячи із річної програми випуску:

$$n = \frac{N \cdot a}{254},$$

де  $a$  - число днів випередження механічної обробки перед складанням,  $a=6$ ;  
254 – число робочих днів у році.

$$n = \frac{80000}{254} \cdot 6 = 1890 \text{ деталей.}$$

Час на обслуговування і відпочинок та особисті потреби визначається за формулою:

$$t_{обсл, відп} = 3...6\% t_{он}.$$

Штучний час:

$$t_{шт} = t_{он} + t_{обсл, відп}.$$

На всі операції технологічного процесу механічної обробки деталі «вісь керма» проводимо розрахунок, а результати розрахунків зводимо в таблицю 2.6.

Таблиця 2.6 - Зведена відомість норм штучно – калькуляційного часу по операціях

Но мер опе рац ії	Назва операції	$T_o$ ХВ	$T_{доп}$				$T_{обсл}$ ХВ	$T_{відп}$ ХВ	$T_{шт}$ ХВ
			$t_{в.з}$ ХВ	$t_{з.в}$ ХВ	$t_{кер}$ ХВ	$t_{вим}$ ХВ			
005	Токарна з ЧПК	1,1221	0,18	0,03	0,02	0,12	0,055	0,055	1,369
010	Токарна з ЧПК	0,2415	0,18	0,03	0,02	0,12	0,106	0,106	2,334
015	Горизонтальн о-фрезерна	2,127	0,12	0,03	0,02	0,06	0,09	0,128	2,575
020	Вертикально- свердлувальна з ЧПК	0,00423	0,23	0,03	0,02	0,06	0,015	0,015	0,51
025	Вертикально- свердлувальна з ЧПК	0,00738	0,23	0,03	0,02	0,06	0,008	0,008	0,379
030	Вертикально- свердлувальна	0,0222	0,23	0,03	0,02	0,06	0,011	0,011	0,432
035	Вертикально- свердлувальна	0,01672	0,23	0,03	0,02	0,06	0,005	0,005	0,33
040	Круглошліфу вальна	0,258	0,26	0,03	0,02	0,06	0,015	0,008	0,612
				$t_{правки} = 1,8 \text{ хв}$					

## 2.8 Розробка керуючої програми для верстата з ЧПК

Виконавши усі необхідні розрахунки скористаємося програмним продуктом CAM ESPRIT для розроблення керуючої програми оброблення деталі палець на токарному верстаті з ЧПК HAAS TL-1 (рис 2.2).



Рисунок 2.2 – Токарний верстат з ЧПК HAAS TL-1

Для створення програми токарного оброблення були виконані наступні дії:

1. Створено 3D модель у SolidWorks та завантажено у середовище Esprit (рис 2.3).

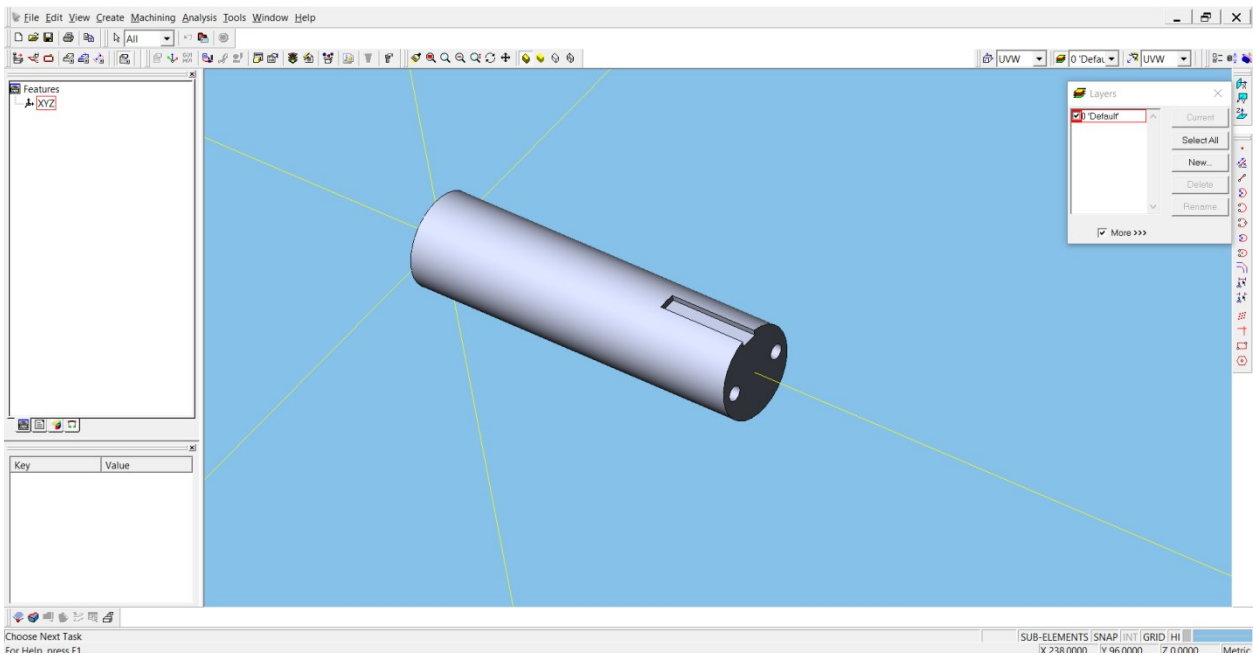


Рисунок 2.3 – 3D модель вала-шестерні у середовищі Esprit

## 2. Створено заготовку (рис 2.4)

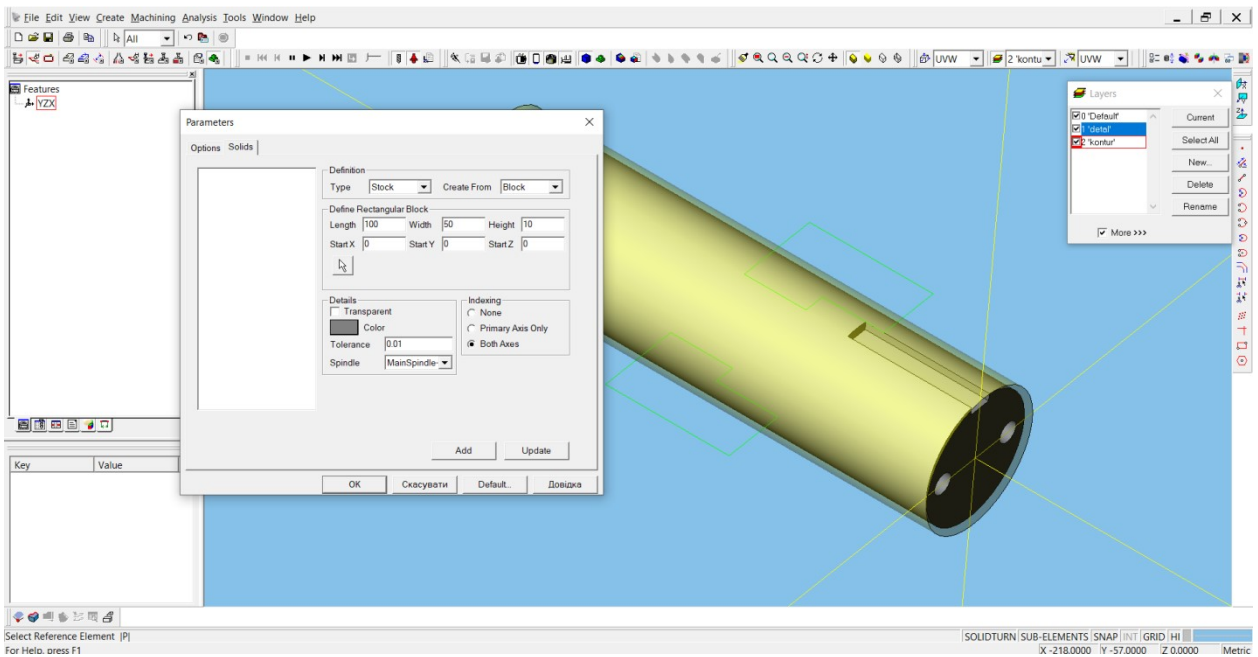


Рисунок 2.4 – Створення заготовки

## 3. Виконано розпізнання елементів профілю рис 2.5.

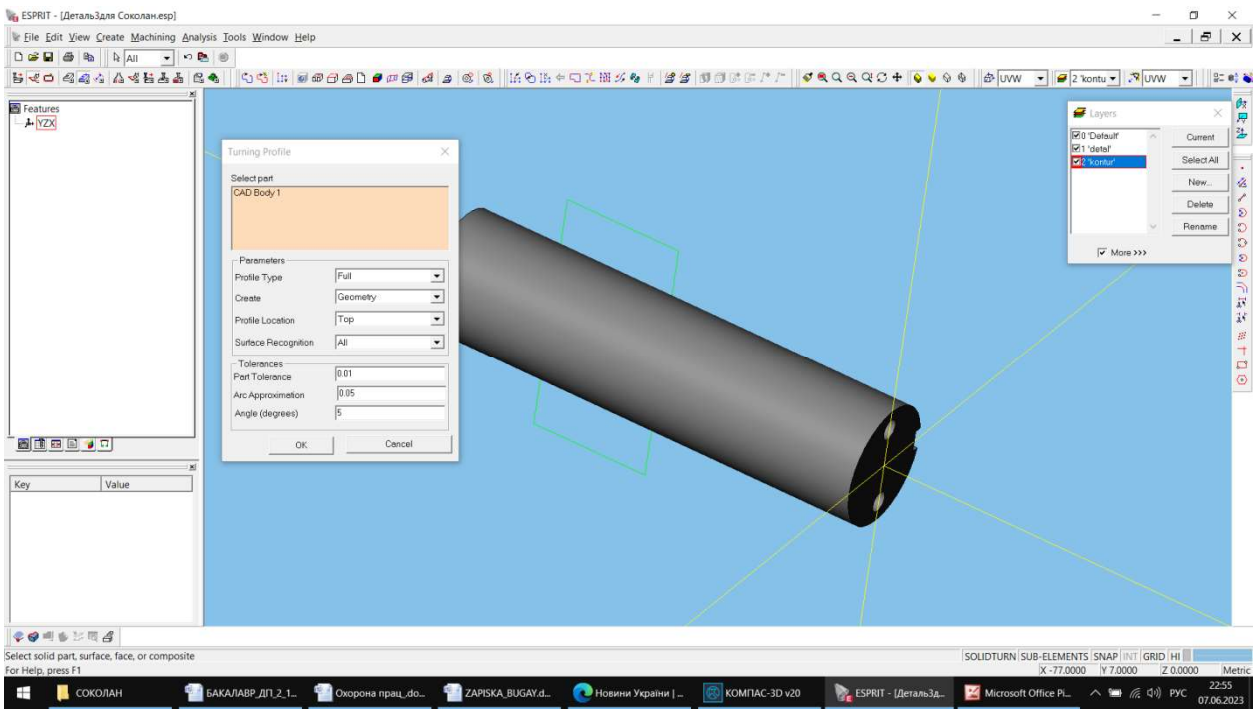


Рисунок 2.5 – Розпізнання в САМ Esprit елементів профілю

4. Вибрано вид оброблення – «Черновая обработка» (рис. 2.6).

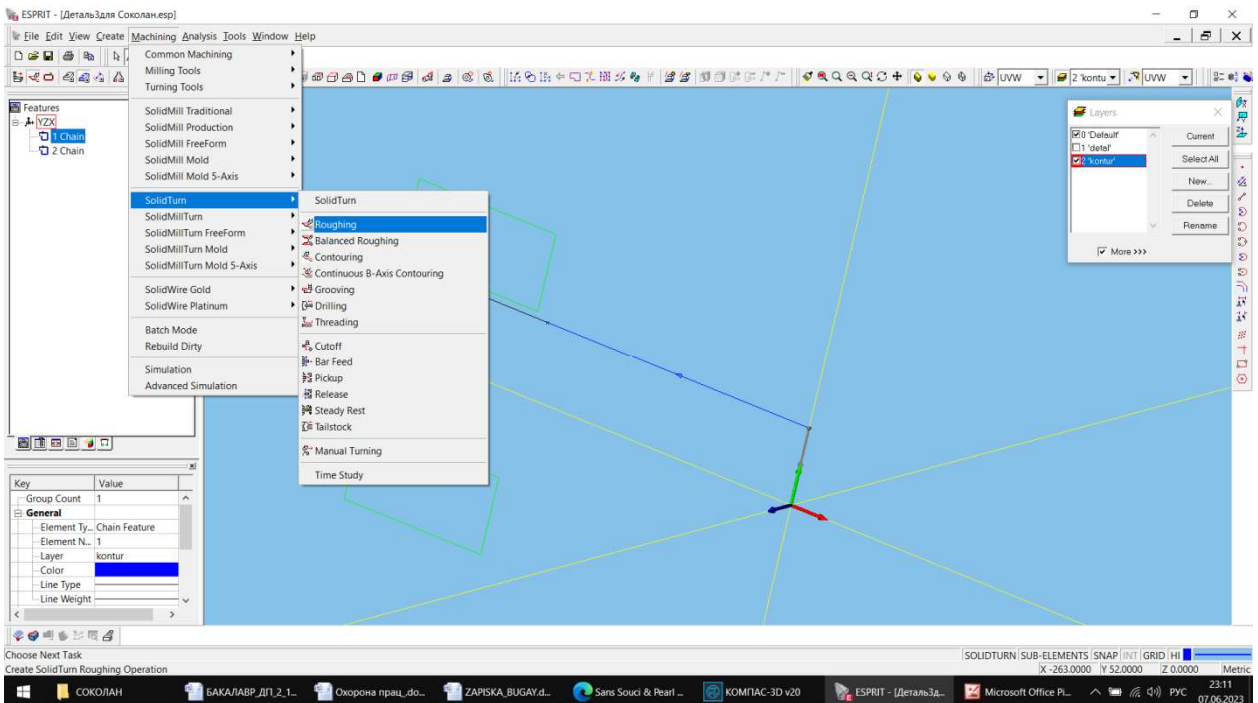


Рисунок 2.6 – Вибір виду оброблення

5. Вибрано металообробний інструмент та його параметри (рис. 2.7).

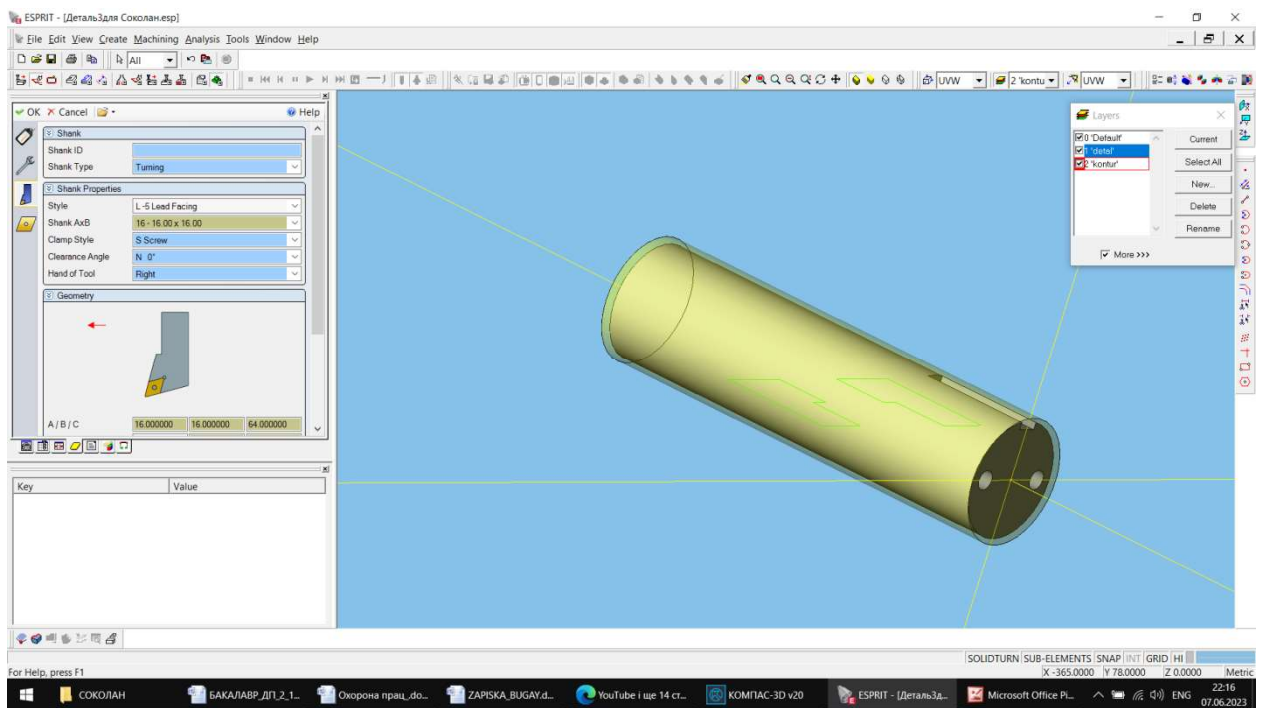


Рисунок 2.7 – Вибір металообробного інструменту

6. Вибрано режими різання (рис 2.8).

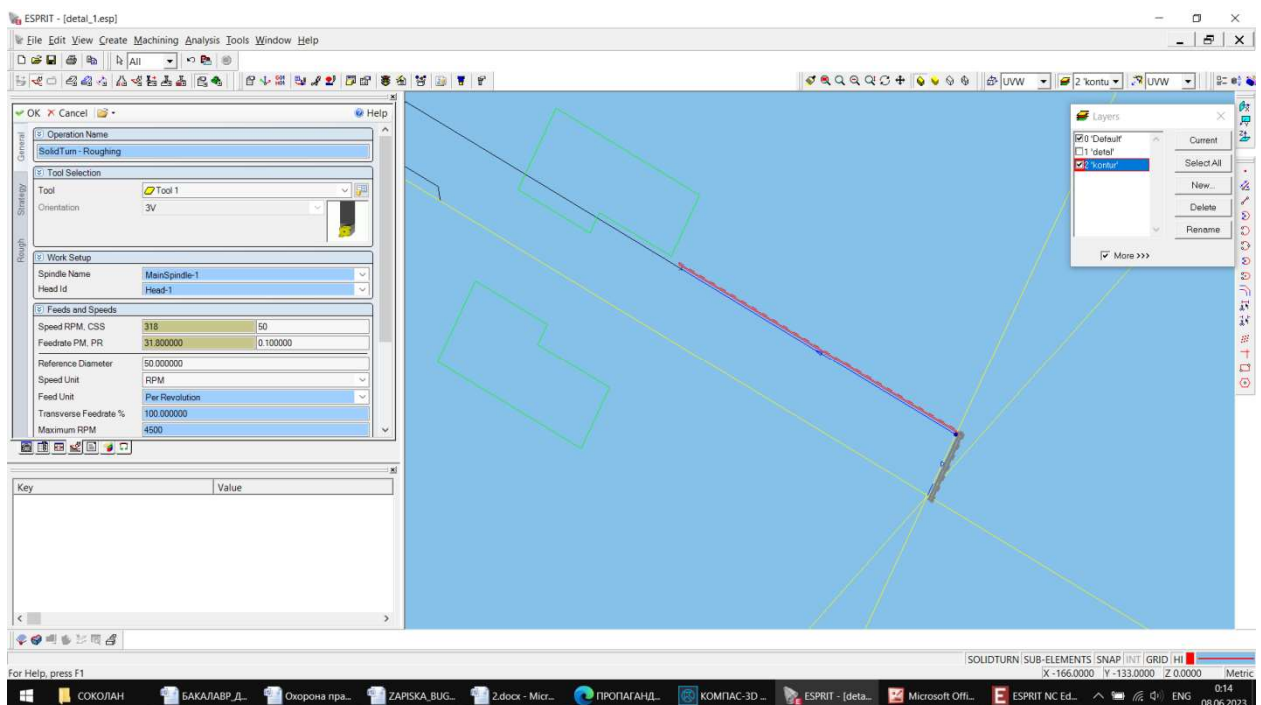


Рисунок 2.8 – Вибір режимів оброблення

7. Автоматично згенеровано траєкторію руху металорізального інструменту при обробленні контуру деталі (рис 2.9).

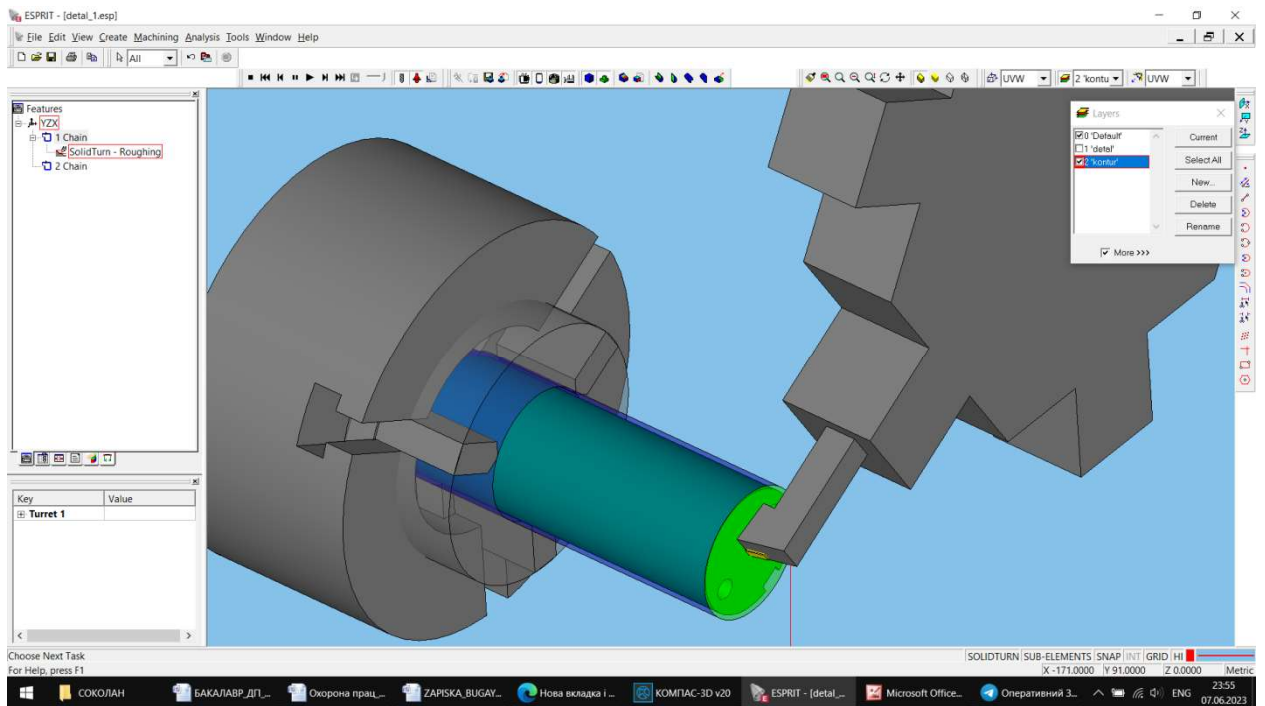


Рисунок 2.9 – Траєкторія руху металорізального інструменту при обробленні контуру деталі «палець»

8. Виконано автоматичне генерування програми оброблення в G-M кодах за допомогою постпроцесора (рис 2.10).

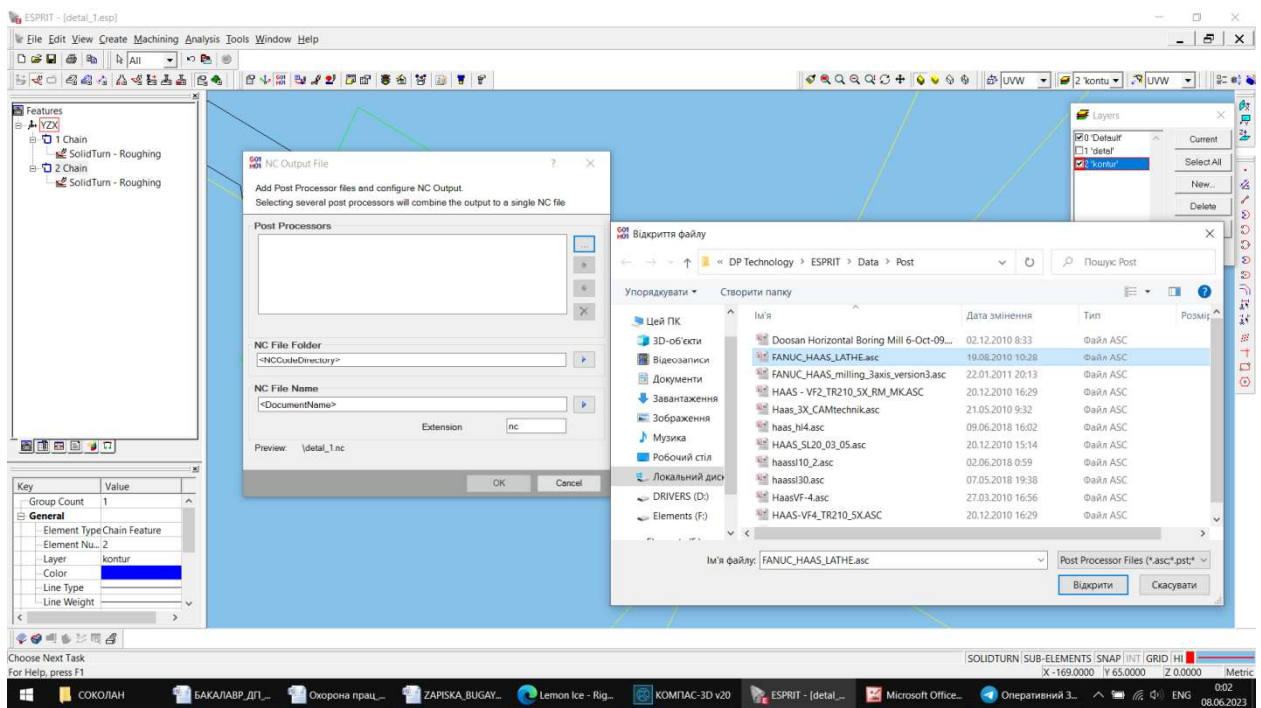


Рисунок 2.10 – Автоматичне генерування програми оброблення в G-M кодї

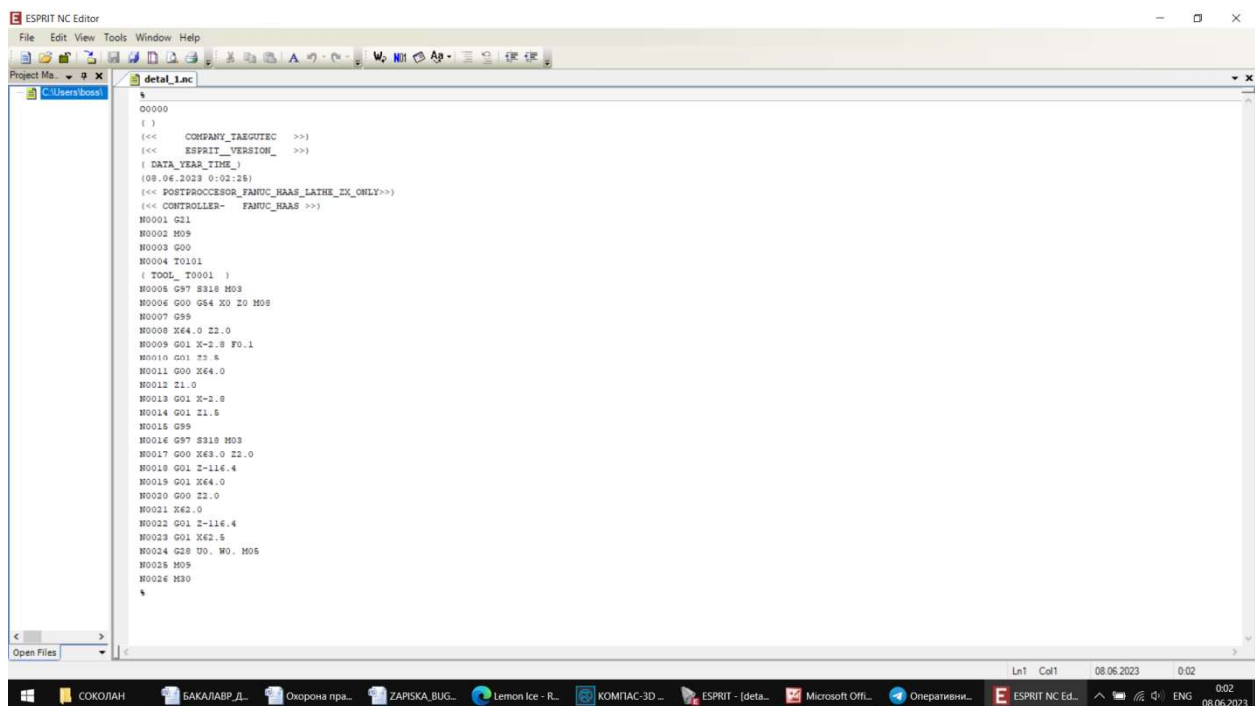


Рисунок 2.11 – Керуюча програма

Керуюча програма наведена у додатку В.

## 3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Проектування верстатного пристрою для закріплення деталі на операції 015 – горизонтально-фрезерній.

### 3.1.1 Опис та принцип роботи пристрою

Пристрій застосовується для закріплення деталі при фрезеруванні поверхні, дотримуючись розмірів 34, 47, 26,5 мм на горизонтально-фрезерному верстаті мод. 6М82.

Принцип роботи пристрою.

Деталь, що обробляється, встановлюється своїми базовими поверхнями в пристрій до упору в дві планки. При включенні крану рідина під тиском подається в верхню порожнину гідроциліндру, поршень зі штоком переміщується вниз. Від штоку рух передається коромислу, який зв'язаний зі штоком за допомогою гвинта. На коромислі закріплено два прихвати, які вільно кріпляться двома осями до коромисла. Прихвати, рухаючись у втулці паралельно осі пристрою, за рахунок своєї конструкції притискають заготовку до опорних планок, забезпечуючи жорсткий затиск заготовки в пристрої.

Після закінчення обробки кран перемикається в друге положення, стисла рідина подається в нижню порожнину гідроциліндра. Поршень зі штоком рухається вгору. Оскільки система жорстко зв'язана з при хватами, вона також переміщується вгору.

Конструктивно пристрій виконано в вигляді зварного корпусу, до якого з одного боку кріпиться гідроциліндр, як окрема складальна одиниця, а з іншого боку встановлюється решта деталей пристрою. Спочатку на корпусі встановлюється дві опорні планки, які при встановленні деталі обмежують переміщення заготовки в осьовому напрямку. Після установки за допомогою гвинта коромисло з'єднується зі штоком гідроциліндра. На торцеву поверхню корпусу встановлюється гідро кран і за допомогою трубопроводу з'єднується із

циліндром. В плиті є чотири пази, за допомогою яких пристрій кріпиться болтами до столу верстата.

Схема базування деталі у пристрої представлена на рис. 3.1.

### 3.1.2 Вибір установчих елементів, схеми базування та закріплення заготовки у пристрої

Для забезпечення співвісності пазу на осі при фрезеруванні заготовки необхідне повне орієнтування заготовки. Установчими базами для даної операції є зовнішня поверхня заготовки та торці (рис. 3.1). При даній схемі базування деталь позбавляється 6 степенів вільності та закріплюється нерухомо.

Вибір установчих елементів пристрою має велике значення для подальшого проектування верстатного пристрою. Від них залежить, наскільки простим та зручним буде пристрій.

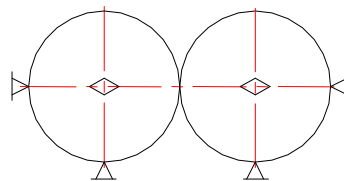


Рис.3.1 Схема базування деталі у пристрої

Враховуючи загальні принципи встановлення заготовок до установчих елементів пред'являються наступні вимоги. Число та розміщення елементів повинно забезпечити орієнтацію заготовки відповідно прийнятої схеми базування і достатню її стійкість в пристрої. При використанні необхідних баз з параметром шорсткості поверхні  $Ra > 20$  мкм установчі елементи потрібно виконувати з обмеженою опорною поверхнею для зменшення впливу нерівностей цих баз на стійкість заготовки. Установчі елементи не повинні пошкоджувати базові поверхні, особливо ті, що не підлягають вторинній обробці. Установчі елементи мають бути жорсткими. Їх жорсткість підвищують, покращуючи якість спряжуваних елементів із корпусом пристрою, застосовуючи

шабрування або шліфування поверхонь стиків, а також сильно притискаючи елементи до корпусу пристрою кріпильними деталями.

Зносостійкість опорних поверхонь із сталей підвищують подальшою термічною обробкою до твердості HRC<sub>э</sub> 56...61. Зношування опор можна зменшити хромуванням їх несучих поверхонь і наплавленням твердого сплаву, а також шліфуванням поверхні до отримання Ra 0,63...0,32 мкм.

В якості установчих елементів для отворів  $\varnothing 8$  мм в пристрої, що проектується, використовуємо установчі штифти зі сталі 20 з наступною цементацією зовнішніх поверхонь на глибину 0,8...1,2 мм до твердості HRC<sub>э</sub> 56...61.

Оскільки в пристрої, що проектується, заготовка базовою зовнішньою поверхнею встановлюється в паз, опираючись на торці, звичайно, що сила закріплення має бути направлена вертикально. Для полегшення роботи і підвищення надійності затискання використовуємо механізований затискний механізм з приводом від гідроциліндра. Схема закріплення показана на рисунку 3.2.

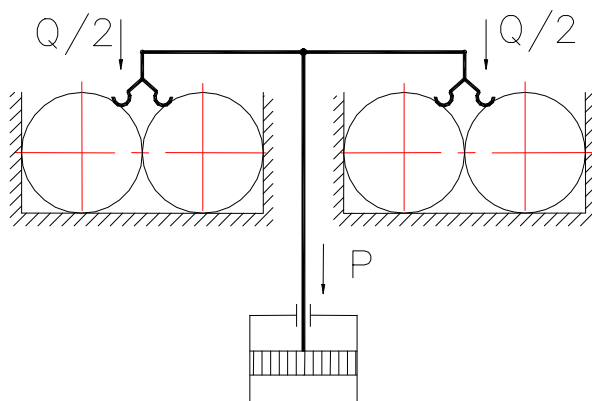


Рис. 3.2 Схема закріплення заготовки у пристрої

### 3.1.3 Розрахунок необхідних сил закріплення заготовки у пристрої

При фрезеруванні паза сила різання  $P_z$  намагається зсунути заготовку повздовж осі. Тому схема для розрахунку сили закріплення має вигляд (рис. 3.3).

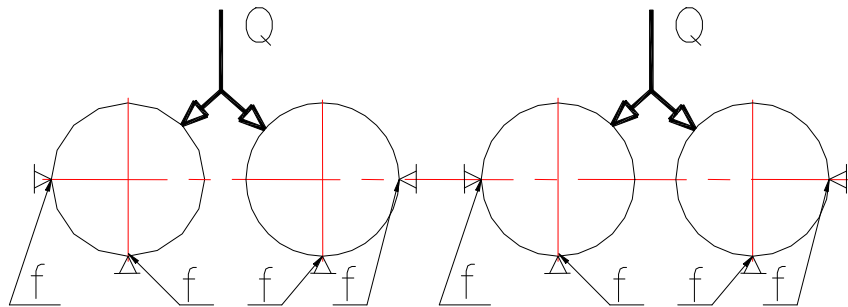


Рис. 3.3 Схема розподілення сил

Зміщення заготовки попереджається силами тертя в місцях контакту заготовки з опорою. Виходячи з умови статичної рівноваги:

$$P_z < Q \cdot f,$$

де  $f$  - коефіцієнт тертя заготовки з установчими елементами пристрою.

Вводячи коефіцієнт запасу  $k$  отримаємо кінцеву формулу:

$$Q = \frac{k \cdot P_z}{f},$$

де  $P_z$  - сила різання при фрезеруванні,  $P_z = 11550$  Н;

$f$  - коефіцієнт тертя сталі по чавуну,  $f = 0,15$ .

$$Q = \frac{1,5 \cdot 11550}{0,15} = 115500 \text{ Н.}$$

Проведемо розрахунок приводу пристрою. В нашому випадку розрахунок приводу полягає в визначенні діаметру гідроциліндра.

Зі схеми закріплення видно, що;

$$P = k \cdot Q$$

$$k = 1 - \frac{3l}{L} \cdot f,$$

де  $f$  - коефіцієнт тертя,  $f = 0,1$ ;

$l$  - довжина плеча, згідно кресленика  $l = 150$  мм;

$L$  - довжина важеля,  $L = 360$  мм (згідно кресленика).

$$k = 1 - \frac{3 \cdot 150}{360} \cdot 0,1 = 0,125.$$

Тоді:

$$P = 0,125 \cdot 115500 = 14437,5 \text{ Н}.$$

Зусилля на штокові гідроциліндра залежить від робочого тиску робочої рідини у гідросистемі та діаметру циліндра і штока:

$$P = \frac{\pi}{4} \cdot (D_{ц}^2 - d_{ш}^2) \cdot p,$$

де  $p$  - робочий тиск в гідросистемі,  $p = 4 \cdot 10^5 \text{ Н / м}^2$ ;

$D_{ц}$  - діаметр циліндра в м;

$d_{ш}$  - діаметр штока в м.

Звідси:

$$D_{ц} - d_{ш} = 2 \cdot \sqrt{\frac{P}{\pi \cdot p}},$$

Отже:

$$D_{ц} - d_{ш} = 2 \cdot \sqrt{\frac{14437,5}{3,14 \cdot 4 \cdot 10^5}} = 0,47 \text{ м} = 47 \text{ мм}.$$

Звідси визначаємо розрахунковий діаметр циліндра, прийнявши діаметр штока 50 мм.

$$D_{ц} = 47 + 50 = 97 \text{ мм}$$

Приймаємо  $D_y = 100 \text{ мм}$

### 3.1.4 Розрахунок елементів пристрою на міцність

Розглядаючи конструкцію даного верстатного пристрою можна прийти до висновку, що самою навантаженою деталлю є коромисло, яке передає зусилля від гідроприводу до заготовки. Це коромисло схематично зображено на рисунку 3.4. Плечі його рівні між собою  $l_1 = l_2 = 72 \text{ мм}$

Коромисло під дією прикладених до нього сил піддається дії згинаючих напружень.

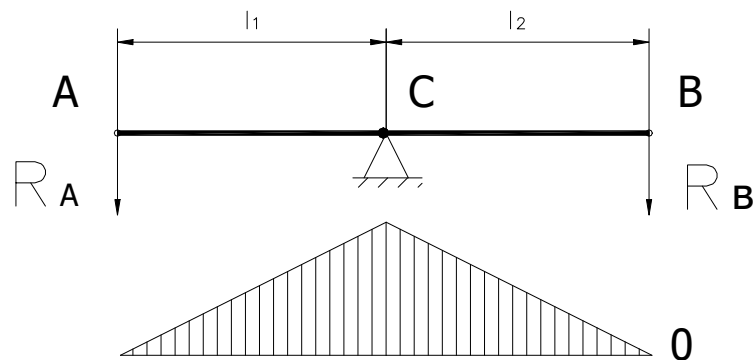


Рис. 3.4 Схема розрахунку коромисла на міцність

Визначаємо реакції опор. Оскільки сили, що прикладені до коромисла діють тільки в одній площині, реакції в опорах розташовані в тій же площині (рис. 3.4).

Під дією прикладених сил коромисло повинно знаходитись в статичній рівновазі. Сума моментів відносно точки А:

$$\sum M_A = 0,$$

$$P \cdot l - R_B \cdot (l_1 + l_2) = 0/$$

Звідси:

$$R_B = P \cdot \frac{l}{2l} = 7218,75 \text{ Н.}$$

В зв'язку з тим, що плечі рівні:

$$R_A = R_B = 7218,75 \text{ Н.}$$

Визначаємо згинаючий момент, який діє в перетині С:

$$M_C = R_A \cdot l,$$

$$M_C = 7218,75 \cdot 0,072 = 519,75 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

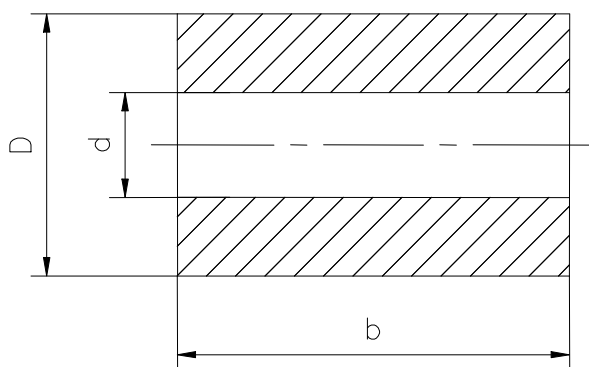
Будуємо епюру згинаючих моментів (рис. 3.4). Як видно з епюри, найбільш навантаженим є перетин С. Умова міцності для даного перетину:

$$\sigma_C = \frac{M_C}{W_C} \leq [\sigma_{зг}],$$

де  $W_C$  – момент опору перетину,

$[\sigma_{зг}]$  - напруження згинання, що допускаються, для сталі 45  $[\sigma_{зг}] = 170 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$ .

Перетин С має вигляд (рис. 3.5).



$$D = 0,05 \text{ м}$$

$$d = 0,036 \text{ м}$$

$$b = 0,035 \text{ м.}$$

Рис. 3.5 – Перетин С

Для даного перетину момент опору визначається за формулою:

$$W = \frac{b}{6D} \cdot (D^3 - d^3),$$

$$W = \frac{0,0355}{6 \cdot 0,05} \cdot (0,05^3 - 0,036^3) = 9,1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$$

Визначаємо згинаючий момент в перерізі С:

$$\sigma_C = \frac{519,75}{9,1 \cdot 10^{-6}} = 57 \cdot 10^6.$$

Умова міцності для коромисла виконується, оскільки:

$$[\sigma_{32}] = 170 \cdot 10^6 \geq 57 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^3.$$

### 3.1.5 Розрахунок пристрою на точність

Похибка обробки при виконанні даної операції не повинна перевищувати поле допуску на одержання розміру.

Вихідними даними для розрахунку пристрою на точність є:

- Допуск на глибину фрезерування бокової поверхні  $H = 160 \pm 0,5 \cdot \delta = 1,0 \text{ мм}$ .
- Базова поверхня – внутрішня поверхня корпусу:  $R=142 \text{ мм}$ ,  $R=177 \text{ мм}$ ,  $\delta=2 \text{ мм}$ .
- Базові поверхні  $l=210 \text{ мм}$ ,  $l=40 \text{ мм}$ ,  $\delta=2 \text{ мм}$ .

Допустима сумарна похибка пристрою:

$$\varepsilon_{i0}^a = \delta - (k_1 \cdot \varepsilon_a + \varepsilon_c + k_2 \cdot \omega),$$

де  $\delta$  – допуск на розмір, що обробляється;

$\varepsilon_b$  - похибка базування деталей в пристрої;

$\varepsilon_3$  - похибка закріплення;

$k_1=0,8 \dots 0,85$ ;  $k_2=0,6 \dots 1,0$  – коефіцієнти, які враховують точність оброблення;

$\omega$  – коефіцієнт економічної точності обробки.

Для даного верстата точність обробки в розмір 160 мм складає 63 мкм.

Похибка базування виникає при несуміщенні вимірювальної і технологічної баз заготовки. Для схеми, коли повздовжня вісь поверхні, що обробляється, співпадає з повздовжньою віссю оправки, на якій базується заготовка,  $\varepsilon_{\delta} = 0$ .

Похибка закріплення – це різниця найбільшої та найменшої проекцій зміщення вимірювальної бази на напрямок виконуваного розміру при прикладеній до заготовки сили закріплення. Відповідно до визначення:

$$\varepsilon_z = (y_{max} - y_{min}) \cdot \cos \alpha,$$

де  $\alpha$  - кут між напрямком виконуваного розміру і напрямком зміщення вимірювальної бази. В нашому випадку  $\alpha = 90^0$  (вимірювальна база зміщується по горизонталі), відповідно  $\varepsilon_z = 0$ .

Отже, допустима сумарна похибка пристрою:

$$\varepsilon_{np}^{\delta} = 1000 - (0,8 \cdot 0 + 0 + 0,6 \cdot 6,3) = 926 \text{ мкм.}$$

Похибка установки заготовки на даному пристрої:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_z^2 + \varepsilon_{np}^2},$$

де  $\varepsilon_{\delta}$  - похибка базування деталей в пристрої, в даному випадку  $\varepsilon_{\delta} = 0$ ;

$\varepsilon_z$  - похибка закріплення, в даному випадку  $\varepsilon_z = 0$  мкм;

$\varepsilon_{np}$  - похибка пристрою.

Похибка пристрою визначається емпіричною залежністю:

$$\varepsilon_{np} = 0,1 \cdot T,$$

де  $T$  - допуск на розмір, що виконується,  $T = 0,16$  мм.

Отже:

$$\varepsilon_{np} = 0,1 \cdot 0,16 = 0,016 \text{ мкм.}$$

Тоді похибка установки заготовки на даному пристрої:

$$\varepsilon_y = \sqrt{0^2 + 0^2 + 16^2} = 16 \text{ мкм.}$$

Таким чином, з точки зору точності базування дану схему базування можна признати раціональною, оскільки виконується умова:

$$\varepsilon_y < \varepsilon_{np}^{\delta}. \quad (16 < 926).$$

## 3.2 Проектування контрольно – вимірювального пристрою

### 3.2.1 Розроблення схеми вимірювання

Для визначення відповідності виготовленої деталі умовам робочого кресленника на останньому етапі застосовується вимірювальний пристрій. Він призначений для контролювання допуску радіального биття 0,01 мм зовнішньої поверхні  $\varnothing 60$  відносно базової поверхні - осі. Допустима похибка вимірювання – 0,05 мм.

Конструктивно пристрій є плитою, на якій встановлені центра. Деталь базується в центрах, які фіксують вісь у горизонтальному положенні.

Порядок роботи на пристрої: деталь встановлюється в центра, до поверхні, що перевіряється, підводиться стійка з індикатором, стрілка індикатора встановлюється на нуль. Переміщуючи вісь в радіальному напрямку, відмічаємо максимальне та мінімальне значення показання індикатора.

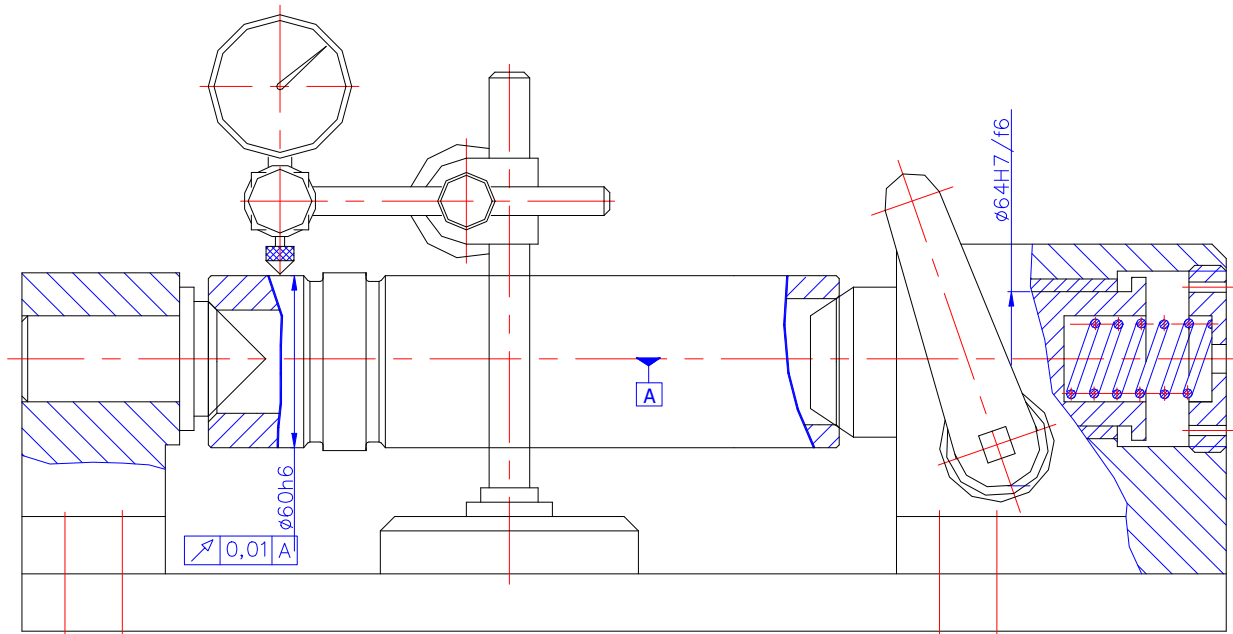


Рис.3.6 Схема розмірів, що контролюються

### 3.2.2 Розрахунок пристрою на точність

Сумарна похибка контрольно-вимірювального пристрою визначається за формулою:

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_0^2 + \varepsilon_{\varepsilon}^2},$$

де  $\varepsilon_0$ ,  $\varepsilon_{\varepsilon}$ , - сумарна похибка вимірювання та її складові, зумовлені відповідно неточністю встановлення, налагодження та розмірного спрацювання робочих поверхонь.

$$\varepsilon = \sqrt{0,01^2 + 0,01^2} = 0,014$$

Похибка, яка допускається, складає 0,008 мм, отже, пристрій придатний до застосування.

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 4.1 Аналіз техніки безпеки при роботі на верстатах HAAS

**ЗАСТЕРЕЖЕННЯ:** Тільки уповноважений і навчений персонал може експлуатувати це обладнання. Усі дії повинні завжди відповідати вимогам керівництва оператора, попереджувальних табличок, правил техніки безпеки та інструкцій з безпечної експлуатації верстата. Ненавчений персонал становить небезпеку щодо себе і верстата.

Усі верстати з ЧПК містять фактори небезпеки у зв'язку з наявністю обертового різального інструменту, ременів і шківів, електрики високої напруги, шуму і стисненого повітря. Під час використання верстатів з ЧПК та їхніх компонентів необхідно завжди дотримуватися основних правил техніки безпеки для зниження можливості травми і пошкодження обладнання.

Робоча зона повинна мати достатнє освітлення, щоб забезпечувати чіткий огляд і безпечну роботу верстата. Сюди належить робоча зона оператора і всі зони верстата, що використовуються під час технічного обслуговування або очищення. За адекватне освітлення відповідає користувач.

Компанія Haas Automation, Inc. не несе відповідальності за використання різальних інструментів, деталей та МОР. Кожен із цих елементів має потенційну небезпеку (гострі краї, важка вага, хімічний склад тощо), користувач несе відповідальність за виконання відповідних заходів (засоби індивідуального захисту, навчання тощо).

Під час стандартної експлуатації і до проведення технічного обслуговування або ремонту потрібно провести очищення верстата. У наявності є додаткове обладнання для забезпечення очищення, наприклад, шланги для змиву, транспортери і шнеки для видалення стружки. Для безпечної експлуатації цього обладнання потрібне навчання і можуть знадобитися відповідні засоби індивідуального захисту, відповідальність за це несе користувач.

## 4.2 Автоматична робота

Верстати з ЧПК Haas закритого виконання призначені для безлюдної експлуатації, однак, конкретний процес механічного оброблення може бути небезпечний для його здійснення без нагляду.

Оскільки власник підприємства несе відповідальність за встановлення та налагодження верстатів, що забезпечують безпеку, а також за використання оптимальних методів обробки, власник також відповідає за управління застосуванням цих методів. Необхідно контролювати процес механічного оброблення, щоб уникнути пошкоджень, травм або загибелі персоналу, якщо виникає небезпечна ситуація.

Наприклад, якщо є ризик виникнення пожежі у зв'язку з особливостями оброблюваного матеріалом, у такому разі, для зниження ризику заподіяння шкоди персоналу, обладнанню та будівлі, необхідно встановити відповідну систему пожежогашіння. Перш ніж приступати до експлуатації верстатів в автоматичному режимі, запросіть фахівця, який встановить засоби контролю.

Особливо важливо вибрати обладнання контролю, яке може негайно виявити проблему і виконати відповідну дію без втручання людини.

## 4.3 Роботизовані пристрої

Верстат з роботизованим пристроєм може виконувати програму з відчиненими дверима, незалежно від положення клавiші запуску/налаштування. Поки двері відчинені, швидкість обертання шпинделя обмежена до нижньої заводської межі числа обертів або налаштуванням 292. За умови відчинених дверцят, коли оберти шпинделя перевищують задану межу, швидкість обертання шпинделя буде зменшена до заданої межі. Під час зачинення дверцят обмеження знімається і відновлюється запрограмоване число обертів.

Ця умова відчинених дверей допускається, тільки поки робот обмінюється даними з верстатом з ЧПК. Зазвичай інтерфейс між роботом і верстатом з ЧПК враховує вимоги до безпеки обох машин.

Розроблений Наас виробничий модуль, що складається з верстата з ЧПК і робота, було оцінено на відповідність вимогам Європейського Союзу. Зміни або варіації конструкції модуля Наас повинні повторно оцінюватися на відповідність застосовним стандартам і є відповідальністю користувача.

Робот управляється системою ЧПК, з якою він пов'язаний. Він не реагує на жодні зовнішні команди, оскільки може спричинити небезпечні умови. Дистанційне керування не дозволено.

Коли система перебуває в режимі виконання, при знятті блокування і відкритті затвора зупиняється весь рух, і рух не може бути розпочато доти, доки блокування не буде активовано і не буде закрито затвор.

У режимі Set up (Налаштування) можна виконати обмежене за швидкістю переміщення, наприклад, поштовхову подачу осі робота, для того, щоб запрограмувати траєкторію руху робота, положення захоплення, задати центральну точку інструменту робота, (корекція), завантажувати деталі в шпindel або утримувач деталей на верстаті й захоплювати деталі з них тощо. Програму робота також можна буде виконувати повільно для перевірки запрограмованої траєкторії робота. Максимальна швидкість робота в режимі налаштування становить 7,9 дюйма/с (200 мм/с).

Ручне переміщення дозволено тільки в режимі налаштування і рекомендується тільки при обмеженій швидкості руху. Допускається висока швидкість, але для безпеки оператора потрібен зазор 500 мм. Це вимагає налаштування і перевірки зони DCS/зони безпеки.

Кінцевий користувач повинен забезпечити рівень освітлення, необхідний для встановлення робота. Робот не потребує освітлення. Однак для завантаження або вивантаження деталей, а також для проведення технічного обслуговування або сервісного обслуговування потрібне освітлення.

Кожен робот Haas оснащений системою DCS компанії FANUC. Це дає змогу користувачеві визначати межі швидкості та положення для робота. Якщо робот виходить за межі встановлених значень, DCS зупинить робота і відключить живлення електродвигунів.

Слід перевіряти правильність налаштування зон DCS під час установки робота та кожні 6 місяців. Перевірку також необхідно виконувати після налаштування нового завдання.

Втрата тиску повітря може призвести до зісковзування або падіння деталі. Користувачам слід вивчити придбані захвати і визначити, як вони будуть реагувати на втрату потужності або тиску повітря, щоб знати, як звести до мінімуму потенційну небезпеку.

#### 4.4 Невідповідні МОР

МОР є важливою складовою багатьох операцій механічної обробки. Якщо вона правильно використовується і підтримується в нормальному стані, МОР може покращувати якість обробки деталі, подовжувати ресурс інструменту і захищати частини верстата від іржі та інших пошкоджень. Невідповідні МОР, у свою чергу, можуть завдати верстату значної шкоди.

Такі пошкодження можуть анулювати гарантію, але це також може створити небезпечні умови в цеху. Наприклад, витіки МОР через пошкоджені ущільнення можуть створити можливість прослизання.

Використання невідповідної МОР включає, але не обмежується такими пунктами:

Не використовуйте просту воду. Це призводить до іржавіння частин верстата.

Не використовуйте вогнебезпечні МОР.

Не використовуйте мінеральні МОР на чистій олії або без присадок. Ці МОР спричиняють пошкодження гумових ущільнень і шлангів у всьому верстаті. Якщо ви використовуєте систему змащення мінімальною кількістю

МОР для практично сухого оброблення, використовуйте тільки рекомендовані марки МОР.

МОР верстата має бути водорозчинним мастильним або охолоджувальним матеріалом на основі синтетичної оливи або синтетичних компонентів.

## ВИСНОВКИ

В наведених матеріалах бакалаврської роботи було розглянуто проектування технології виготовлення деталі “палець”.

В пояснювальній записці наведено технологічний процес на основі типового заводського), наведено техніко-економічне обґрунтування вибору методу отримання заготовки, а також новий (удосконалений) технологічний процес механічного оброблення названої деталі.

В оновленому технологічному процесі механічного оброблення були впроваджені високопродуктивні верстати з ЧПК фірми HAAS (США).

Оскільки виробництво серійне то, як відомо, впровадження високопродуктивного устаткування є важливішим із можливих варіантів забезпечення високої продуктивності праці, що призводить до підвищення якості оброблюваної деталі, до зменшення відсотку допоміжного часу, який витрачається на прийоми, пов'язані зі зміною режимів різання, інструменту, поверхні, що зазвичай має місце при застосуванні універсальних верстатів.

В пояснювальній записці виконано розрахунки припусків на механічне оброблення, а також призначені режими різання за програмою Coro Plus Tool Guide від Sandvik Coromant та обрано сучасний різальний інструмент фірми Sandvik Coromant.

Спроектовано верстатний пристрій для горизонтально-фрезної операції, а також контрольний пристрій для контролювання допуску радіального биття зовнішньої поверхні відносно базової поверхні осі.

На токарну операцію з ЧПК на верстаті HAAS TL-1 створено керуючу програму з використанням САМ програми Esprit.

В розділі «Охорона праці» проведено аналіз техніки безпеки при роботі на верстатах HAAS.

## ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА ЗА ОСВІТНЬОЮ ПРОГРАМОЮ "ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ". Посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт / В.П. Ткачук, В.Д. Каразей, В.В. Милько. Хмельницький: ХНУ, 2023 - 27 с.
2. ДСТУ 3008:2015 Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання.
3. СТЗВО-ХПІ-2.01-2018. Дипломні проекти та дипломні роботи. Загальні вимоги до виконання <http://blogs.kpi.kharkov.ua/v2/metodotdel/wp-content/uploads/sites/28/2019/10/STZVO-HPI-2.01-2018-SSONP.-Diplomni-proekti-ta-diplomni-roboti.-Zagalni-vimogi-do-vikonannya.pdf>.
4. СТЗВО-ХПІ-3.01-2018. Текстові документи у сфері навчального процесу <http://web.kpi.kharkov.ua/business/wp-content/uploads/sites/176/2018/03/STVUZ-HPI-3.01-2010.pdf>.
5. Технологія машинобудування. Посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт / І. І. Юрчишин, Я. М. Литвиняк, І. Є. Грицай, М. Л. Кукляк, Я. М. Кусий, В. В. Ступницький, В. А. Яцюк, А. М. Кук, Є. М. Махоркін, В. П. Свізінський / За ред. І. І. Юрчишина. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2009. 528 с.
6. Гордєєв А.І. Курсове та дипломне проектування з технології машинобудування та металорізальних верстатів: Навчальний посібник / А.І. Гордєєв, Є.А. Урбанюк, А.Є. Безносов, В.Г. Мігаль. – Хмельницький: ХНУ, 2005. – 294 с.
7. Горбатюк Є.О., Мазур М.П., Зенкін А.С., Каразей В.Д. Технологія машинобудування: Навчальний посібник - Львів: "Новий Світ - 2000 " , 2012 . - 358 с.
8. Добрянський, С.С. Технологічні основи машинобудування [Електронний ресурс] : підручник для студентів спеціальностей 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування» / С. С. Добрянський, Ю. М.

Малафеев ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. — Київ : 2020. — 379 с.  
[https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/32136/1/2020\\_Dobrianskyi\\_Malafieiev\\_TOM.pdf](https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/32136/1/2020_Dobrianskyi_Malafieiev_TOM.pdf)

9. Технологія машинобудівних підприємств: підручник / В. Л. Дикань, Ю. Є. Калабухін, Н. Є. Каличева та ін., за заг. ред. В. Л. Диканя. – Харків: УкрДУЗТ, 2020. – 386 с.

10. Справочник технолога-машиностроителя: в 2-х т. Т1. / под ред. А.М. Дальского, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова, А.Г. Сулова Т.1 / [А.М. Дальский и др.]. –М.: Машиностроение-1, 2001 – 912с.

11. Справочник технолога-машиностроителя : в 2-х т. Т2. / под ред. А.М. Дальского, А.Г. Сулова, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова/ [А.М. Дальский и др.].–М.: Машиностроение — 1, 2001 – 944с.

12. Залога В.О. Сучасні інструментальні матеріали у машинобудуванні: навчальний посібник / В.О. Залога, О.О. Залога, В.Д. Гончаров;за загальн. ред. В.О. Залого. – Суми: Сумський державний університет,2013. – 371 с.

13. <https://www.sandvik.coromant.com/> (вибір металорізального інструм.)

14. Кириченко Л. С., Мережко Н. В. Основи стандартизації, метрології, управління якістю : навч. посіб. Київ: Київ. нац. торг-екон. ун-т, 2011. 446 с.

15. Охорона праці. Методичні вказівки до виконання розділу “Охорона праці” в дипломних проектах студентів спеціальності “Інженерна механіка” та “Машинобудування” / А.А. Нестер, К.А. Паршенко – Хмельницький: ХНУ – 2009.

16. ДСТУ 2232-93 Базування та бази в машинобудуванні. Терміни та визначення.