

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**  
**"КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"**

НТУУ  
"КИЇВСЬКИЙ  
ПОЛІТЕХНІЧНИЙ  
ІНСТИТУТ"



МЕХАНІКО-  
МАШИНОБУДІВНИЙ  
ІНСТИТУТ



КАФЕДРА  
ТЕХНОЛОГІЇ  
МАШИНО-  
БУДУВАННЯ



**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ**

**до дипломного проектування бакалаврів**  
за напрямом «Інженерна механіка»  
(подальшої спеціальності «Технологія машинобудування»)

**«Приклади виконання графічної частини дипломного  
проекту бакалавра»**

**КИЇВ**  
**2015**



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
"КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"**

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ**

**до дипломного проектування бакалаврів  
за напрямом «Інженерна механіка»  
(подальшої спеціальності «Технологія машинобудування»)**

**«Приклади виконання графічної частини дипломного  
проекту бакалавра»**

КИЇВ  
2015

Методичні рекомендації до дипломного проектування бакалаврів за напрямом «Інженерна механіка» для подальшої спеціальності «Технологія машинобудування» «Приклади виконання графічної частини дипломного проекту бакалавра» / Укладачі: Петраков Ю.В., Фролов В.К. – К.: КПІ, 2015 – 87 с. (електронне видання).

Рекомендовано Вченою радою  
механіко-машинобудівного інституту  
НТУУ «КПІ»  
«21» квітня 2015 року  
Протокол № 9

Навчальне видання

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ**  
**до дипломного проектування бакалаврів**  
**за напрямом «Інженерна механіка»**  
**(подальшої спеціальності «Технологія машинобудування»)**  
**«Приклади виконання графічної частини дипломного проекту бакалавра»**

Укладачі: *Петраков Юрій Володимирович*, докт.техн.наук, проф.  
*Фролов Володимир Костянтинович*, канд.техн.наук, доц.

Відповідальний редактор *В.М.Кореньков*, канд.техн.наук, доц.

Рецензент *О.М.Кравець*, канд.техн.наук, доц.

*За редакцією укладачів*

## ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП.....	4
ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ ГРАФІЧНОЇ ЧАСТИНИ ПРОЕКТУ.....	5
Дипломний проект К.О.Демидова.....	7
Дипломний проект Н.О.Мельник.....	11
Дипломний проект О.О.Сабибіної.....	17
Дипломний проект Д.С.Московця.....	22
Дипломний проект А.С.Новохацького.....	26
Дипломний проект Л.В.Ілюшина.....	31
Дипломний проект А.І.Зелінка.....	35
Дипломний проект В.П.Попова.....	40
Дипломний проект І.О.Проценка.....	45
Дипломний проект Б.А.Савенкова.....	50
Дипломний проект В.С.Тарамбули.....	55
Дипломний проект О.М.Трокоза.....	59
Дипломний проект А.М.Хомича.....	64
Дипломний проект Д.К.Шуплецова.....	69
Дипломний проект О.В.Потапова.....	74
Дипломний проект І.М.Бродяка.....	79
ЛІТЕРАТУРА.....	86



## ВСТУП

При укладанні методичних рекомендацій використані дипломні проекти бакалаврів 2010-2014 років випуску: К.О.Демидова (керівник Ю.В.Петраков), А.С.Новохацького, В.С.Тарамбули (керівник В.Г. Біланенко), Д.С.Московця, Л.В.Ілюшина, В.П.Попова, І.О.Проценка, О.М.Трокоза, Д.К.Шуплецова, О.О.Сабибіної, І.М.Бродяка (керівник В.К.Фролов), Н.О.Мельник, А.І.Зелінка (керівник В.М.Кореньков), Б.А.Савенкова (керівник С.Г.Радченко), А.М.Хомича (керівник М.М.Гладський), О.В.Потапова (керівник Ю.В.Лашина).

Три проекти отримали призові місця на Всеукраїнському конкурсі дипломних проектів бакалаврів: проект Н.О.Мельник – 2 місце в 2013 р., проект Б.А.Савенкова – 1 місце в 2014 р., проект Д.К.Шуплецова – 3 місце в 2015 році.



Звичайно, в цих проектах зустрічаються конструкторські, технологічні та навіть граматичні помилки, що вказано у відгуках керівників та рецензіях і вплинуло на оцінку кожного з проектів при захисті перед Державною екзаменаційною комісією. Тому їх не можна брати за догму чи стандарт. Але можна орієнтуватись на структуру графічної частини проекту, на зміст технологічних та конструкторських аркушів. Укладачі сподіваються, що методичні рекомендації будуть сприяти більш творчій роботі майбутніх бакалаврів.

## **ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ ГРАФІЧНОЇ ЧАСТИНИ ПРОЕКТУ**

**Метою** дипломного проекту бакалавра є удосконалення базового технологічного процесу або проектування нового технологічного процесу виготовлення деталі та його конструкторсько-технологічне забезпечення, орієнтоване на використання верстатів з ЧПК.

**Графічна частина** дипломного проекту бакалавра має складати 8-10 аркушів формату А1. Структура її передбачає обов'язкову наявність розділів:

- вирішення загальних задач технології машинобудування (1-3 аркуші);
- креслення деталі та заготовки (1-2 аркуші);
- технологічний розділ (2-4 аркуші);
- конструкторський розділ (1-3 аркуші).

Графічне представлення першого розділу (вирішення загальних задач технології машинобудування) рекомендовано робити у вигляді плакатів, що пояснюють задачу, методи її вирішення, алгоритми з математичними моделями (структурні схеми, фрагменти розроблених самостійно процедур), схеми, очікувані результати на виробництві тощо. Можуть застосовуватись різні пакети прикладних програм САЕ-систем та розробки Лабораторії віртуальних засобів навчання.

Креслення деталі розроблюють з урахуванням її призначення в машині, механізмі чи вузлі і виконують в САД-системі. На одному аркуші з кресленням деталі можна представляти креслення заготовки, а також їх 3D-моделі.

В технологічному розділі на плакати виносять зображення операцій спроектованого технологічного процесу.

Залежно від розмірів деталі, кількості переходів в операції і складності конструкції пристроїв на одному аркуші формату А1 може бути показано від однієї до чотирьох операцій (операційний ескіз повинен містити усі переходи і позиції). Операційні ескізи відокремлюють один від іншого суцільною тонкою лінією. Вони можуть виконуватись у довільному масштабі з додержанням пропорційності розмірів усіх елементів ескізу.

На кожному операційному ескізі повинні бути зображені: оброблювана заготовка, конфігурація якої повинна відповідати зображуваному етапу технологічного процесу; елементи пристрою для базування і закріплення заготовки; інструмент (або інструменти), що використовуються на даній операції, пристрій для закріплення інструменту на верстаті. Умовними знаками показується теоретична схема базування.

Заготовка деталі на операційних ескізах зображується в тому положенні, яке вона займає на верстаті при виконанні даної операції, її контури викреслюються основною лінією, а оброблювані на даній операції поверхні – потовщеними (в 2-3 рази товщі за основну лінію) лініями. Заготовка деталі вважається непрозорою і усі необхідні невидимі елементи пристроїв, інструментів тощо зображуються штриховими лініями.

На оброблюваних поверхнях повинні бути проставлені одержувані на даній операції розміри з відхиленнями і шорсткістю після оброблення, а також відхиленнями розташування поверхонь.

Інструменти, пристрої, їх установочні і затискні елементи зображуються конструктивно, а не умовно. Вони повинні бути показані суцільними основними лініями і давати чітке уявлення про спосіб базування і закріплення заготовки, конструкцію інструменту, що використовується, і способи його закріплення на верстаті.

Для уявлення процесу формоутворення поверхонь мають бути вказані напрямки головного руху різання та рухів подач (траєкторії переміщень вузлів верстату). Суцільними стрілками повинні бути показані напрями робочих рухів (головного руху різання і подач), а напрями допоміжних рухів – штриховими лініями.

На багатоінструментальних налагодженнях різальні інструменти і оброблювані ними поверхні повинні бути відповідно пронумеровані. Для кожного операційного ескізу заповнюється таблиця. Вона включає в себе номер операції, найменування і модель верстату, найменування інструменту і його основні розміри, елементи режиму різання і норми часу.

До технологічного розділу можна також віднести плакати, на яких представлено результати проектування управляючих програм для верстатів з ЧПК та імітацію (симуляцію) виконання технологічних переходів в САМ-системах.

В конструкторському розділі представляють складальні креслення та 3D-моделі (з елементами анімації функціонування) спроектованого технологічного оснащення (верстатних пристроїв - УЗП, ЗРП), пристроїв для контролю чи складання виробу, засобів автоматизації технологічного процесу оброблення. Також можуть бути представлені схеми САУ технологічними операціями та схеми циклових САУ технологічного процесу оброблення чи автоматичного складання.


Креслення повинно бути виконане стандартному масштабі (бажано 1:1) і містити необхідну кількість проекцій, розрізів, перерізів відповідно до вимог ГОСТ 2.109-73. На всіх проекціях і розрізах креслення пристрою необхідно вказати контур оброблюваної заготовки суцільними тонкими лініями. Заготовка на кресленні пристрою вважається прозорою, тобто усі елементи пристрою, розташовані за нею, зображуються як видимі.

На кресленні пристрою повинні бути вказані: габаритні розміри, приєднувальні розміри з допусками, що визначають точність установки пристрою на верстаті; установочні розміри, що визначають розміри оброблених поверхонь (наприклад, розміри, що визначають положення установів для налагодження на розмір різальних інструментів тощо); посадки основних з'єднань деталей, що впливають на якість роботи пристрою; технічні вимоги до виготовлення і приймання пристрою, його основні експлуатаційні характеристики (наприклад, робочий тиск повітря або рідини, максимальні зусилля затиску, довжина ходу поршня тощо). За необхідності штрих-пунктирною тонкою лінією зображуються крайні положення робочих органів пристрою.

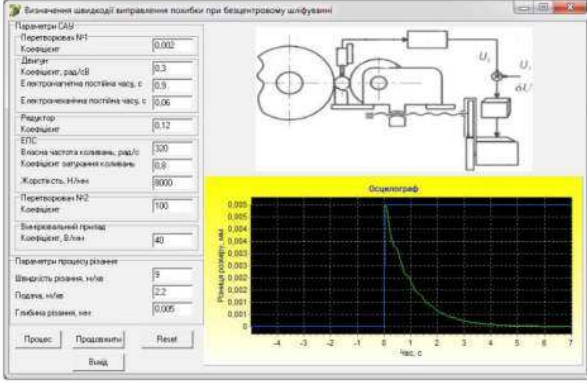
Нормалізовані вузли, виконані відповідно до стандартів, і ті, які входять в конструкцію пристрою (пневмо- і гідроциліндри, пневмокамери, крани тощо), повинні бути виконані в розрізі із зображенням розміщення і взаємного зв'язку деталей, з'єднаних у даному вузлі.

Автор дипломного проекту  
**К.О.Демидов** (захист 2013 р.)  
 Керівник проекту  
**д.т.н., проф. Ю.В.Петраков**

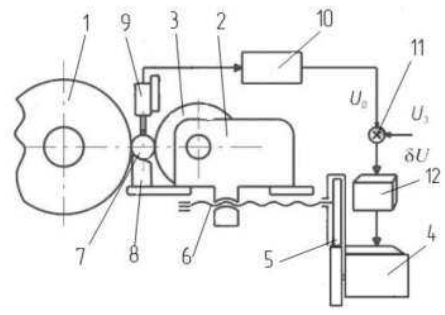
**Безцентрово-шліфувальний верстат з ЧПК**



**Інтерфейс прикладної програми**

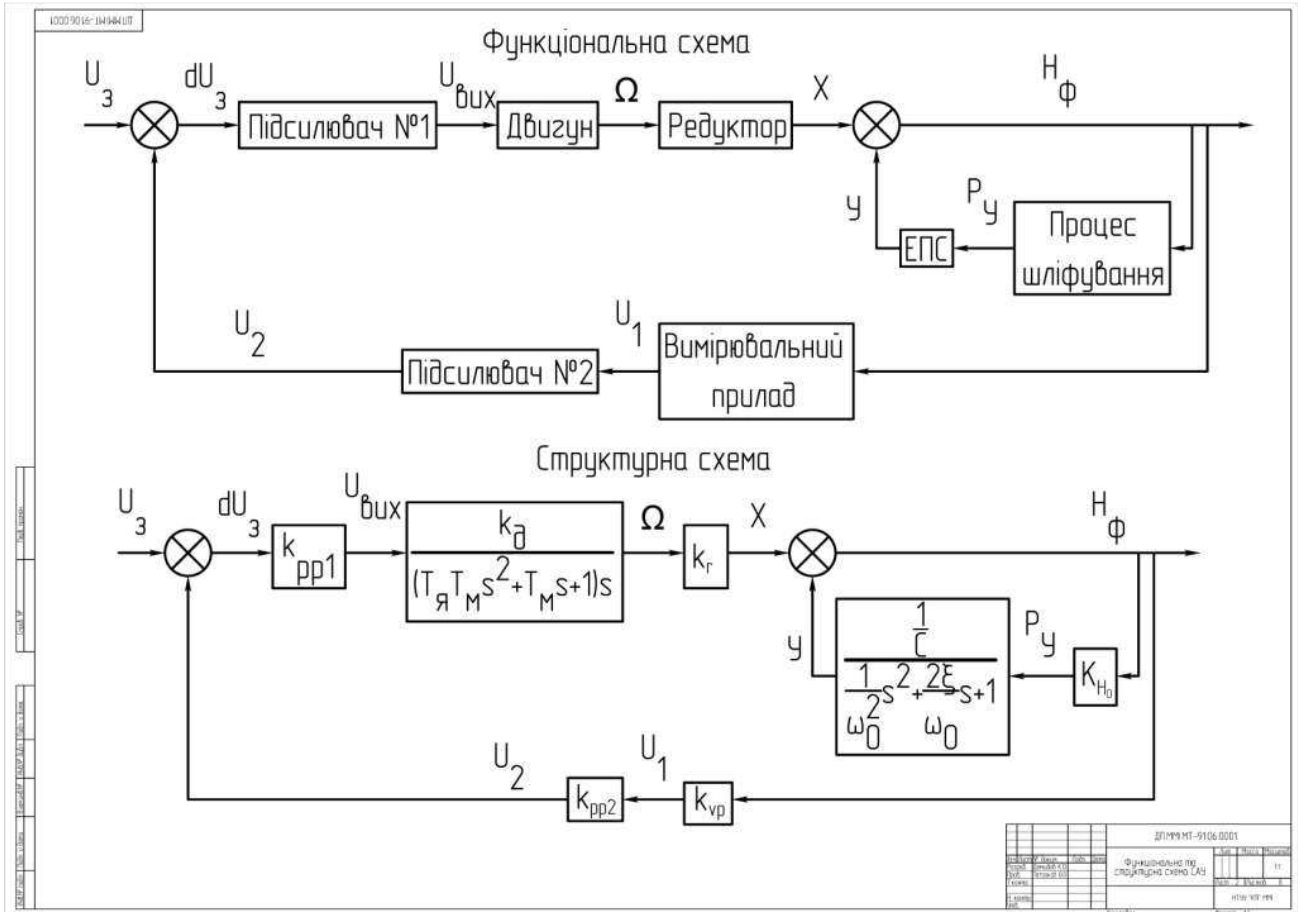


**Схематичне зображення САУ**



- 1 Шліфувальний круг
- 2 Рухома δабка
- 3 Ведучий круг
- 4 Електродвигун
- 5 Редуктор
- 6 Гвинтова пара
- 7 Деталь
- 8 Ніж
- 9 Електронно-вимірний пристрій
- 10 Підсилювач №2
- 11 Порівняльний пристрій
- 12 Підсилювач №1

ДПММ МТ-9106.0001			
№ документа	Дата	Версія	Назву дослідження



## Порівняння високошвидкісного оброблення зі звичайним

### Класичний метод

Траекторія руху при класичному методі

Параметр	Довжина	Вартість
Узгодження	148,78	0,0002
Верткалість	22,3	0,0020
Нахилених	5,00	0,0020
Довжина	3,00	0,0020
Всього	181,08	0,0042

Довжина траекторії та витрати часу на неї

### Високошвидкісний метод

Траекторія руху при ВСО

Параметр	Довжина	Вартість
Узгодження	127,37	0,0013
Верткалість	17,4	0,0018
Нахилених	1,9518	0,0018
Довжина	0,05	0,0018
Всього	146,81	0,0047

Довжина траекторії та витрати часу на неї

### Режим різання при традиційному методі

2	500	153	774
В. м.к.	С. П.	В. з.	П. з.

Основний принцип ВСО [9]

### Загальні відомості

Криві Соломона [9]

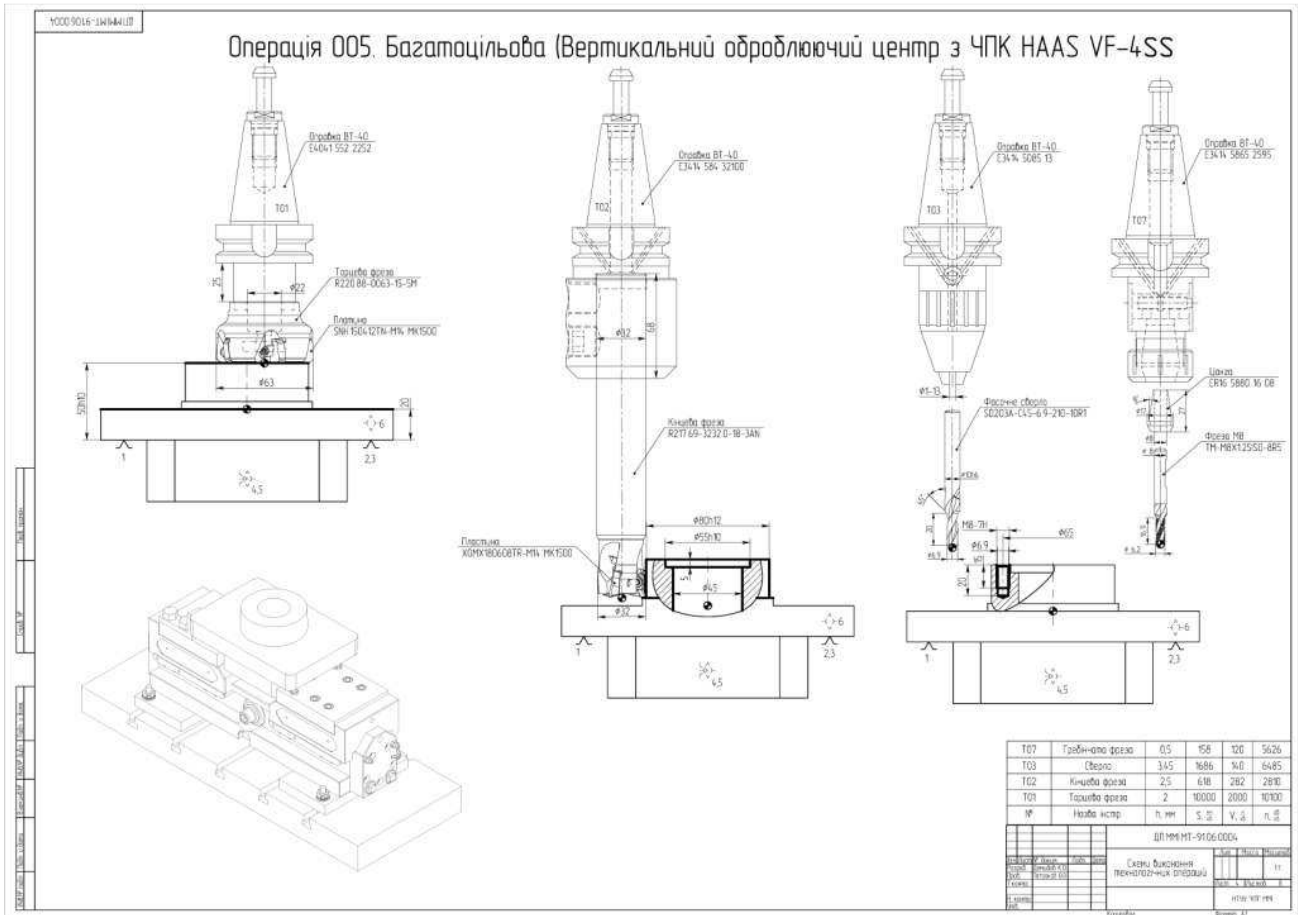
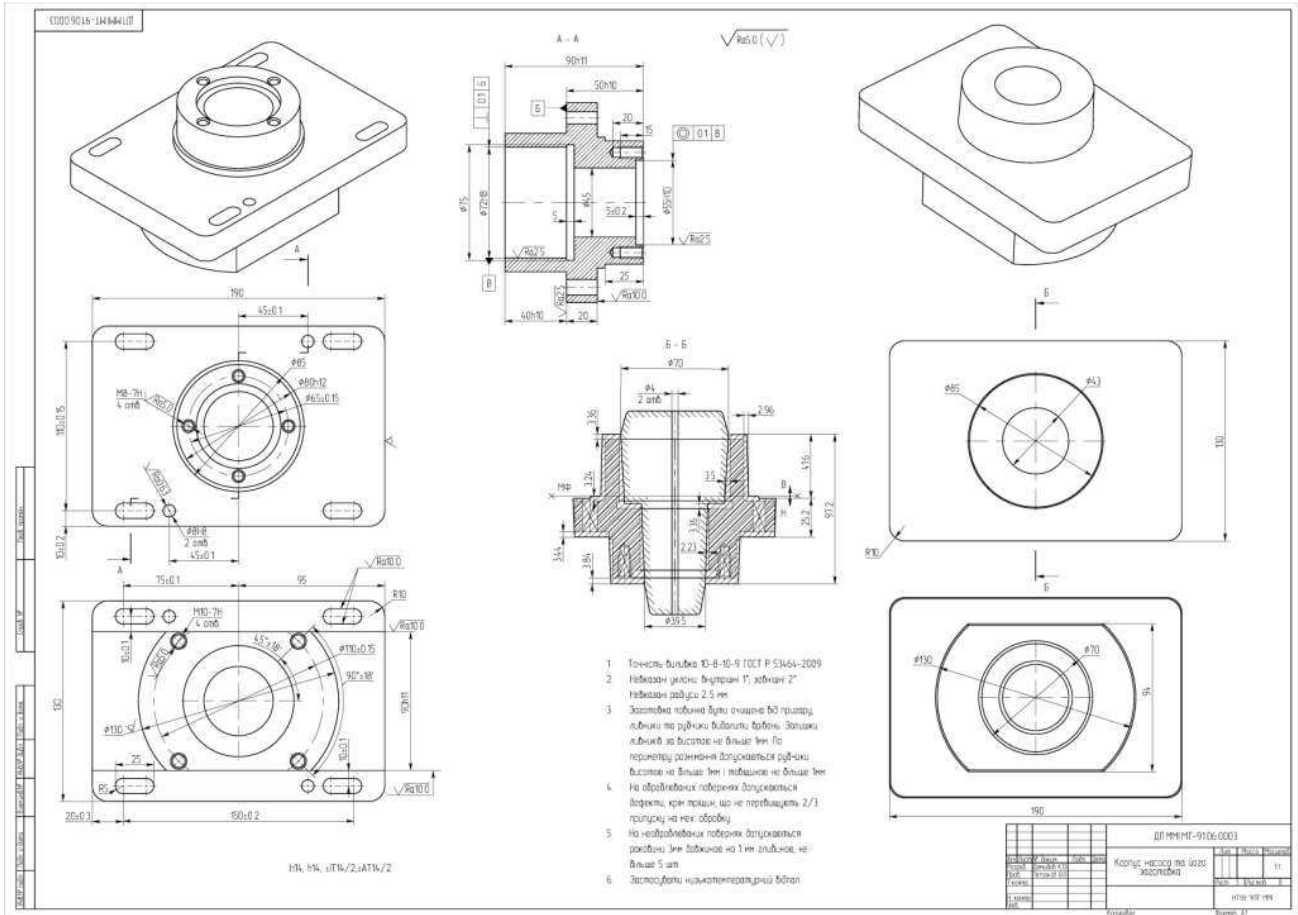
### Режим різання при ВСО

2	10000	2000	10100
В. м.к.	С. П.	В. з.	П. з.

Залежність зносу від умов оброблення [9]

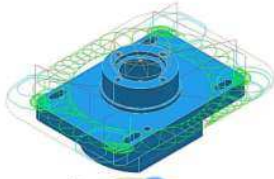
ДПММТ-9106.0006		Лист	№	Всього
Порівняння ВСО з класичним методом		11		
Курсовий проєкт				
Ім'я				
Прізвище				
Дата				





### Траєкторії руху інструментів базатоцької операції 005

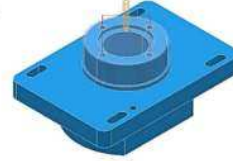
#### Торцева фреза



Параметри Траєкторії	
Таблиця Траєкторій	Деталь
Напрямок	ЛІВІЙ
Висота	27.0
Початок	100.0
Кінець	500.0
Таблиця Параметрів	
Вид	S
С	2000
V	1000
R	3

Режим різання торцевої фрези

h, мм	S	V, м/хв	R, мм
2	10000	2000	1000



Траєкторія руху свердла

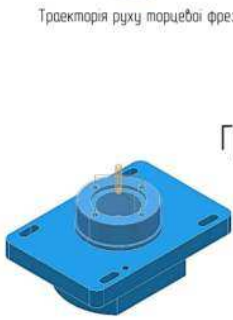
Параметри Траєкторії	
Таблиця Траєкторій	Деталь
Напрямок	ПРАВИЙ
Висота	10.0
Початок	100.0
Кінець	500.0
Таблиця Параметрів	
Вид	S
С	3000
V	1000
R	3

Довжина траєкторії та витрати часу на неї

Режим різання спірального свердла

h, мм	S	V, м/хв	R, мм
3.65	1686	140	6485

#### Кінцева фреза



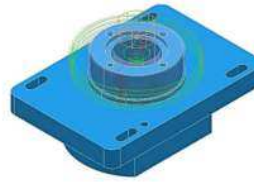
Траєкторія руху торцевої фрези

Довжина траєкторії та витрати часу на неї

#### Гребінчаста фреза

Параметри Траєкторії	
Таблиця Траєкторій	Деталь
Напрямок	ЛІВІЙ
Висота	10.0
Початок	100.0
Кінець	500.0
Таблиця Параметрів	
Вид	S
С	3000
V	1000
R	3

Довжина траєкторії та витрати часу на неї



Траєкторія руху кінцевої фрези

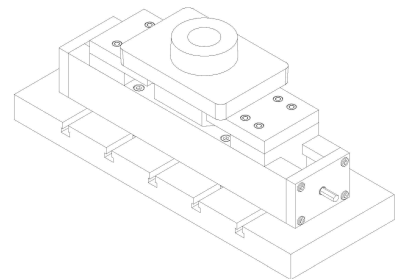
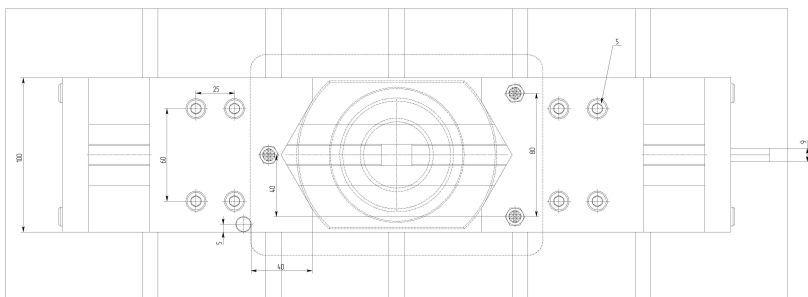
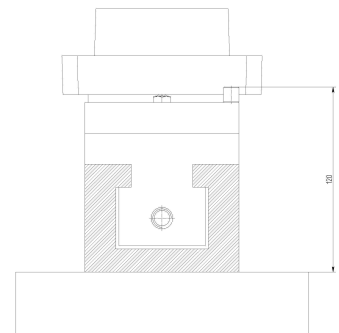
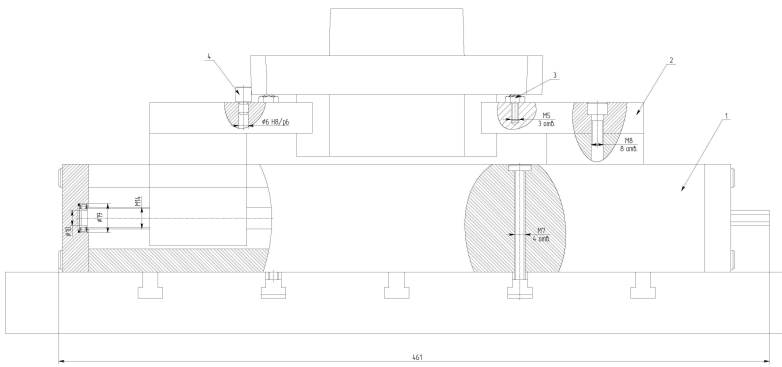
Параметри Траєкторії	
Таблиця Траєкторій	Деталь
Напрямок	ПРАВИЙ
Висота	10.0
Початок	100.0
Кінець	500.0
Таблиця Параметрів	
Вид	S
С	3000
V	1000
R	3

Довжина траєкторії та витрати часу на неї

Режим різання кінцевої фрези

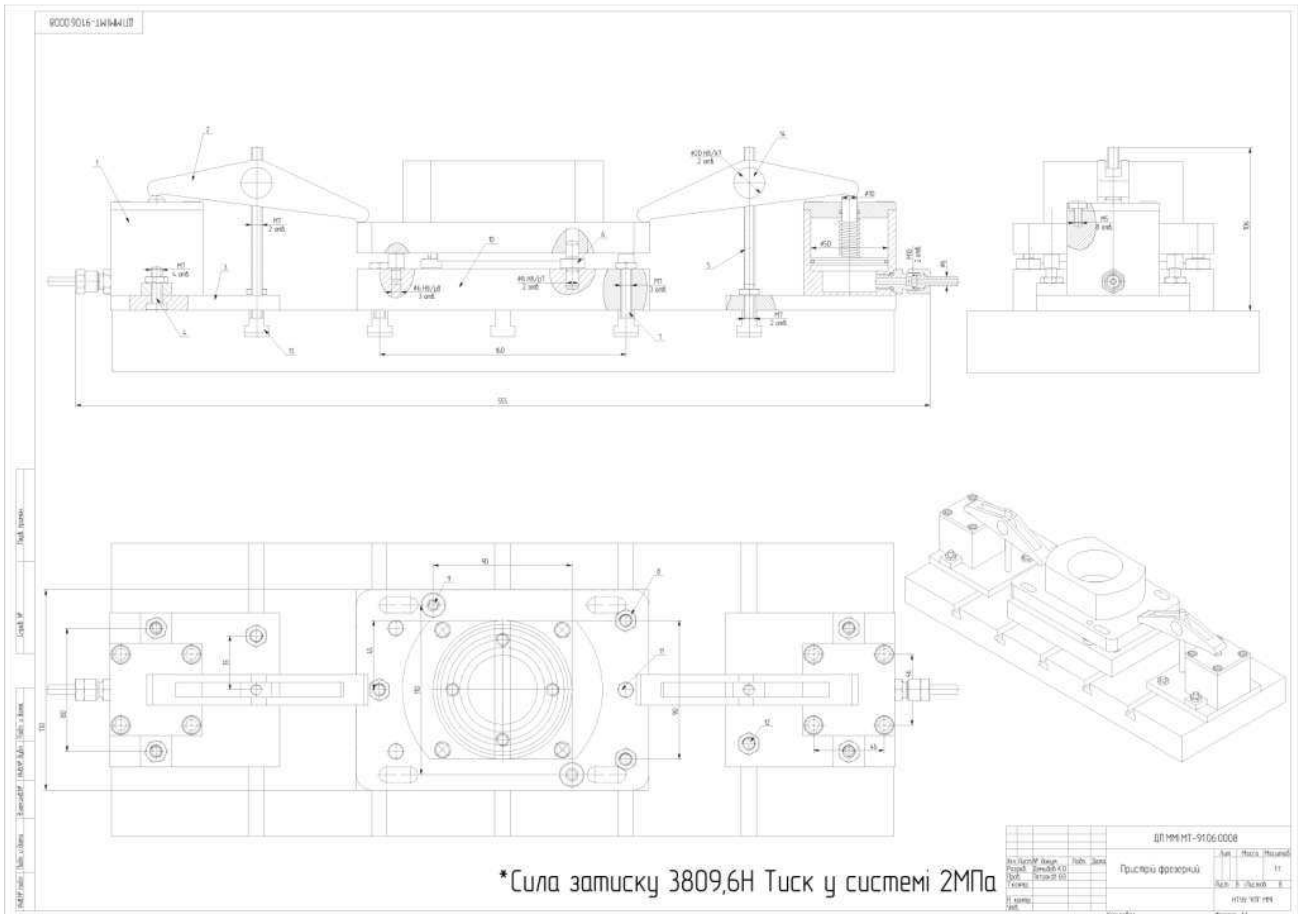
h, мм	S	V, м/хв	R, мм
2.5	618	282	2810

ДПММТ-9106.0005							
h, мм	S	V, м/хв	R, мм	h, мм	S	V, м/хв	R, мм
0.5	158	120	5626	2.5	618	282	2810



\*Сила затиску 2600N

ДПММТ-9106.0007							
h, мм	S	V, м/хв	R, мм	h, мм	S	V, м/хв	R, мм
0.5	158	120	5626	2.5	618	282	2810



**Автор дипломного проекту**  
**Н.О.Мельник (захист 2012 р.)**  
**Керівник проекту**  
**к.т.н., доц. В.М.Кореньков**



# Модуль автоматизованого розрахунку похибок базування

## Розрахунок за допомогою CAD систем

**Перевірка можливості встановлення на 2 циліндричні пальці**

Диаметр отвору 1	02	02	0,015	0,1	mm
Диаметр отвору 2	02	02	0,020	0,1	mm
Диаметр пальця 1	02	02	0,02	0,1	mm
Диаметр пальця 2	02	02	0,02	0,1	mm

Мікросьова відстань отворів: 150  
Відхилення: 0,03  
Мінімальна радіус пальця: 0,02  
Відхилення: 0,03

4.100.0.02.19-144  
Стор. розрах. на автоматизованому базуванні на отворі: 0,126

Висновок: **Позитивно**

**Періодичні похибки**

Диаметр отвору 1	02	02	0,015	0,1	mm
Диаметр отвору 2	02	02	0,020	0,1	mm
Диаметр пальця 1	02	02	0,02	0,1	mm
Диаметр пальця 2	02	02	0,02	0,1	mm

Висновок: **Позитивно**



**Висновок:** Деталь можна поставити на 2 циліндричні пальці

**Висновок:** Похибка базування 0,0265 мм

## Аналітичний розрахунок

**Перевірка можливості встановлення на циліндричний і зрізаний пальці**

Диаметр отвору 1	02	02	0,015	0,1	mm
Диаметр отвору 2	02	02	0,020	0,1	mm
Диаметр пальця 1	02	02	0,02	0,1	mm
Диаметр пальця 2	02	02	0,02	0,1	mm

Мікросьова відстань отворів: 150  
Відхилення: 0,03  
Мінімальна радіус пальця: 0,02  
Відхилення: 0,03

Висновок: **Позитивно**

Отвір:  $\phi 23 \text{ H8}$   
Палець:  $\phi 23 \text{ f8}$   
Мікросьова відстань отворів і пальців: 150 H8

$$s_{\text{min}} - s_{\text{max}} - D_2 - \delta_1 - \delta_2$$

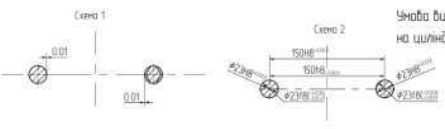
$$0,02 - 0,02 * 23 / 3 - 0,063 - 0,063$$

$$0,173 - 0,126$$

$$b = s_{\text{min}} - D_2 / (\delta_1 + \delta_2 - s_{\text{max}})$$

$$b < 4,34$$

Умова виконується. Заготовка може бути встановлена на циліндричний і зрізаний пальці



**Висновок:** Деталь можна поставити на циліндричний і зрізаний пальці

Умова	Величини $O_2A$ і $\alpha$	Схема	Похибка базування
$d_1 \text{ min}$ $D_2 \text{ max}$ $d_2 \text{ min}$ $D_2 \text{ max}$	$O_2F = O_1O_2 - \frac{s_{\text{max}}}{2} =$ $= 0,086/2 = 0,043;$ $O_2O_2' = \frac{s_{\text{max}}}{2} = 0,086/2 = 0,043;$ $O_2'A = \frac{s_{\text{max}} + s_{\text{max}}}{2} =$ $= 0,043 + 0,043 = 0,086;$ $\alpha = \frac{s_{\text{max}}}{2 \cdot O_2A} =$ $= \frac{0,086}{2 \cdot 0,086} * 150 =$ $= 573,33 \cdot 10^{-6}$ $\alpha = 0,0328''$		$\Delta_{\text{баз}} = 0$
$d_1 \text{ max}$ $D_2 \text{ min}$ $d_2 \text{ min}$ $D_2 \text{ max}$	$O_2F = O_1O_2 - \frac{s_{\text{min}}}{2} =$ $= 0,02/2 = 0,01;$ $O_2O_2' = \frac{s_{\text{min}}}{2} = 0,086/2 = 0,043;$ $O_2'A = \frac{s_{\text{min}} + s_{\text{max}}}{2} =$ $= (0,02 + 0,086)/2 = 0,053;$ $\alpha = \frac{s_{\text{min}} + s_{\text{max}}}{2 \cdot O_2A} =$ $= \frac{0,02 + 0,086}{2 \cdot 0,053} * 150 =$ $= 353,33 \cdot 10^{-6}$ $\alpha = 0,03''$		$\Delta_{\text{баз}} =$ $= 0,053/2 =$ $= 0,0265 \text{ мм}$
$d_1 \text{ max}$ $D_2 \text{ min}$ $d_2 \text{ max}$ $D_2 \text{ min}$	$O_2F = O_1O_2 - \frac{s_{\text{min}}}{2} =$ $= 0,02/2 = 0,01;$ $O_2O_2' = \frac{s_{\text{min}}}{2} = 0,02/2 = 0,01;$ $O_2'A = \frac{s_{\text{min}} + s_{\text{min}}}{2} =$ $= 0,01 + 0,01 = 0,02;$ $\alpha = \frac{s_{\text{min}} + s_{\text{min}}}{2 \cdot O_2A} =$ $= \frac{0,02 + 0,02}{2 \cdot 0,02} * 150 =$ $= 133,33 \cdot 10^{-6}$ $\alpha = 0,0076''$		$\Delta_{\text{баз}} = 0$

Отже, приймаємо найбільшу похибку базування  $\Delta_{\text{баз}} = 0,0265 \text{ мм}$

Найменший допуск (H8) на розміри, які виконуються на даному переході становить 0,035 мм

Отримана похибка базування задовольняє поставлені вимоги точності

ДПМНТ-81 2010.003				
№ докум.	Відом.	№ док.	Назва	Стр.
100.0.02.19-144	11	003	Модуль автоматизованого розрахунку похибок базування	11
Дата	Виконав	Перевірив	Місце	№
03.09.10	С.М.С.	С.М.С.	м. Київ	199

# Автоматизація розрахунку сил затиску

## Класичний метод розрахунку

$K^1 \Sigma \text{Ракт } x + \Sigma \text{F}_{\text{прот } x}; K^2 \Sigma \text{Макт } x + \Sigma \text{Мпрот } x;$

$K^1 \Sigma \text{Ракт } y + \Sigma \text{F}_{\text{прот } y}; K^2 \Sigma \text{Макт } y + \Sigma \text{Мпрот } y;$

$K^1 \Sigma \text{Ракт } z + \Sigma \text{F}_{\text{прот } z}; K^2 \Sigma \text{Макт } z + \Sigma \text{Мпрот } z;$

де  $K$  - коефіцієнт запону ( $K_1 < K_2 < K_3 < K_4 < K_5 < K_6$ ), Ракт, Макт - суми активних сил і моментів,  $\Sigma \text{F}_{\text{прот}}$ ,  $\Sigma \text{Мпрот}$  - суми сил та моментів, що протидіють зсубу.

$K^1 P_2 = W$   
 $P_2 = F_1 + F_2 + W^1 (1 + W^1 P_1) / F_2$   
 $K^2 P_2 = W^1 (1 + W^1 P_1) / F_2$   
 $W^1 = (K^1 P_2 - P_1) / (1 + F_2)$   
 $W = \max(W^1, W^2)$

$\frac{F_1 \cdot h_2}{F_2 \cdot h_1}$

$P_1 = F_1 \cdot h_2 / h_1$

$P_2 = F_2 \cdot h_1 / h_2$

$P_3 = F_2 \cdot h_1 / h_2 \cdot 30^\circ$

$P_4 = P_3$

$P_5 = P_4 \cdot 2$

Норми:  $l_1 = 1, l_2 = 2, P_1 = 50 \text{ H, max}$

$P_1 = F_1 \cdot h_2 / h_1$

$P_2 = 50 \cdot 1 / 2 = 25 \text{ Н}$

$P_3 = 2 \cdot 1 / h_2 \cdot 30^\circ = 25 \cdot 1 / h_2 \cdot 30^\circ = 433 \text{ Н}$

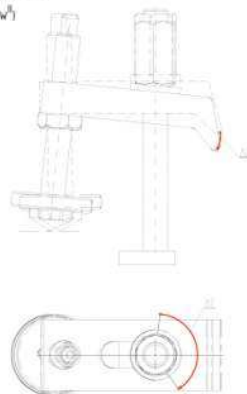
$P_4 = P_3 = 433 \text{ Н}$

$P_5 = P_4 \cdot 2 = 866 \text{ Н}$

$\Delta 1 = \sin \alpha_1$   
 $\Delta 2 = \sin \alpha \cdot l_1$   
 $\Delta 3 = \Delta 2$   
 $\Delta 4 = l_2 \cdot 30^\circ \cdot \Delta 3$   
 $\Delta 5 = \Delta 4$   
 $\Delta 5 / \Delta 1 = l$   
Норми:  $l_1 = 1, l_2 = 2, \alpha = 30^\circ, \text{ max}$   
 $\Delta 1 = \sin 30^\circ = 0,5 \text{ (mm)}$   
 $\Delta 2 = \sin 30^\circ \cdot 1 \text{ (mm)}$   
 $\Delta 3 = \Delta 2 \cdot 1 \text{ (mm)}$   
 $\Delta 4 = l_2 \cdot 30^\circ \cdot \Delta 3 = 0,58 \text{ (mm)}$   
 $\Delta 5 = \Delta 4 = 0,58 \text{ (mm)}$   
 $\Delta 5 / \Delta 1 = 0,58 / 0,5 = 1,15$

$i = 1,15$

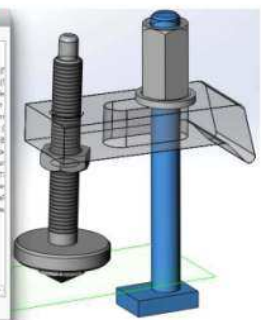
$i = 1,15$



**Отображение результатов расчета**

Наименование	Положение	Группа ограничений
ОТС-12 (Элемент отсечный) 76		Группа ограничений 1
ОТС-12 (Вент. элемент) 7003-2		Конструктивный (ОТС-12) 8
ОТС-12 (Ось вращательная) 9		Смещение (ОТС-12) 8 (мм)
ОТС-12 (Вент. элемент) 7003-2		Растяжение (ОТС-12) 8 (мм)
ОТС-12 (Ось вращательная) 9		Смещение (ОТС-12) 8 (мм)
ОТС-12 (Вент. элемент) 7003-2		Линейность (ОТС-12) 8
ОТС-12 (Ось вращательная) 9		Конструктивный (ОТС-12) 8
ОТС-12 (Вент. элемент) 7003-2		Смещение (ОТС-12) 8 (мм)
ОТС-12 (Ось вращательная) 9		Смещение (ОТС-12) 8 (мм)
ОТС-12 (Вент. элемент) 7003-2		Касательность (ОТС-12) 8 (mm)
ОТС-12 (Ось вращательная) 9		Смещение (ОТС-12) 8 (мм)
ОТС-12 (Вент. элемент) 7003-2		Смещение (ОТС-12) 8 (мм)
Вент 1 (ОТС-12) (Вент. элемент)		

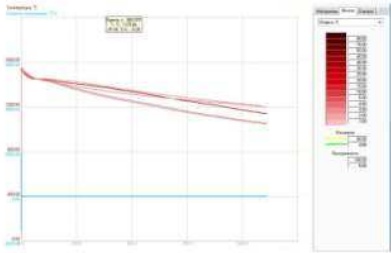
$i = 1,15$



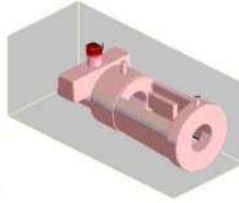
ДПМНТ-81 2010.003				
№ докум.	Відом.	№ док.	Назва	Стр.
100.0.02.19-144	11	003	Автоматизація розрахунку сил затиску	11
Дата	Виконав	Перевірив	Місце	№
03.09.10	С.М.С.	С.М.С.	м. Київ	199

# Аналіз заготовки в САЕ системі

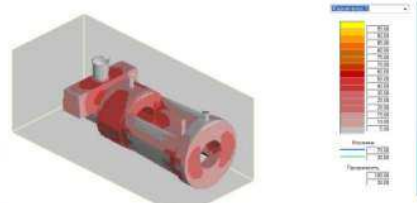
Графік залежності температури металу заготовки від часу заливання



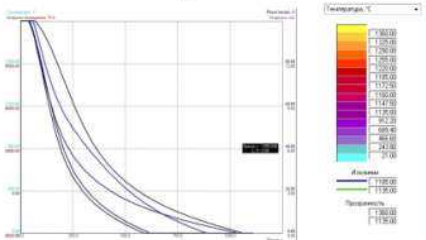
Усадка заготовки



Розподіл рідкої фази під час заливання



Графік залежності швидкості охолодження від часу заливання



Розподіл температури під час заливання заготовки

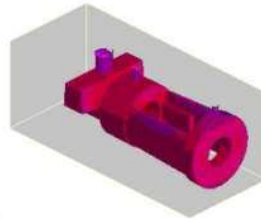
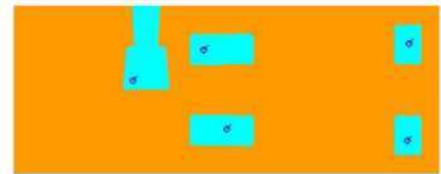


Схема розміщення датчиків для зчитування даних



ДПММ1-812012.002		
Видовий	№ докум.	Лист
Аналіз заготовки в САЕ	11	11
Дата	10.12.2012	Місце
Корпус	МНУ	ММ
Корпус	МНУ	ММ

ДПММ1-81 10 2012 001

Лист № 11

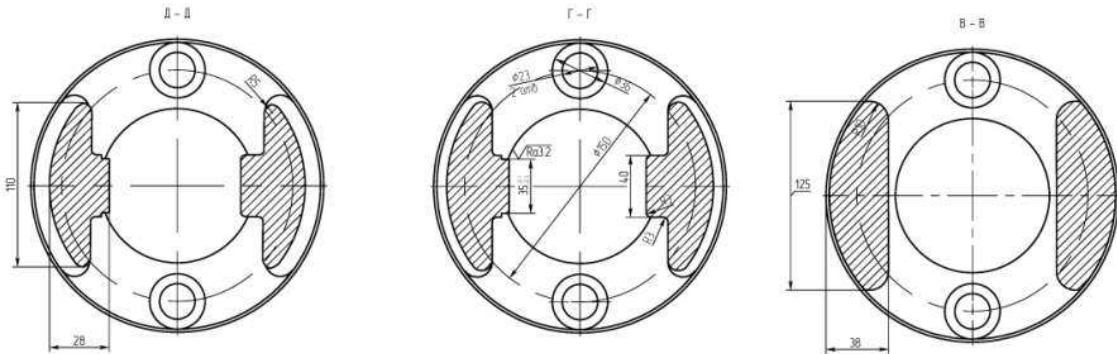
Видовий № докум. 11

Дата 10.12.2012

Місце МНУ

✓ Ra20 (✓)

ДПММ1-81 10 2012 001					Лист	Масса	Масштаб
Мен	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Корпус	2336	12
Разр.	Мельник Н						
Проф.	Біланько В Г				Лист	Листов	
Н. контр.					4226431 CSN	НТУУ "КПІ", ММ	
Этб.	Коренько В М				Копировал	Формат А3	

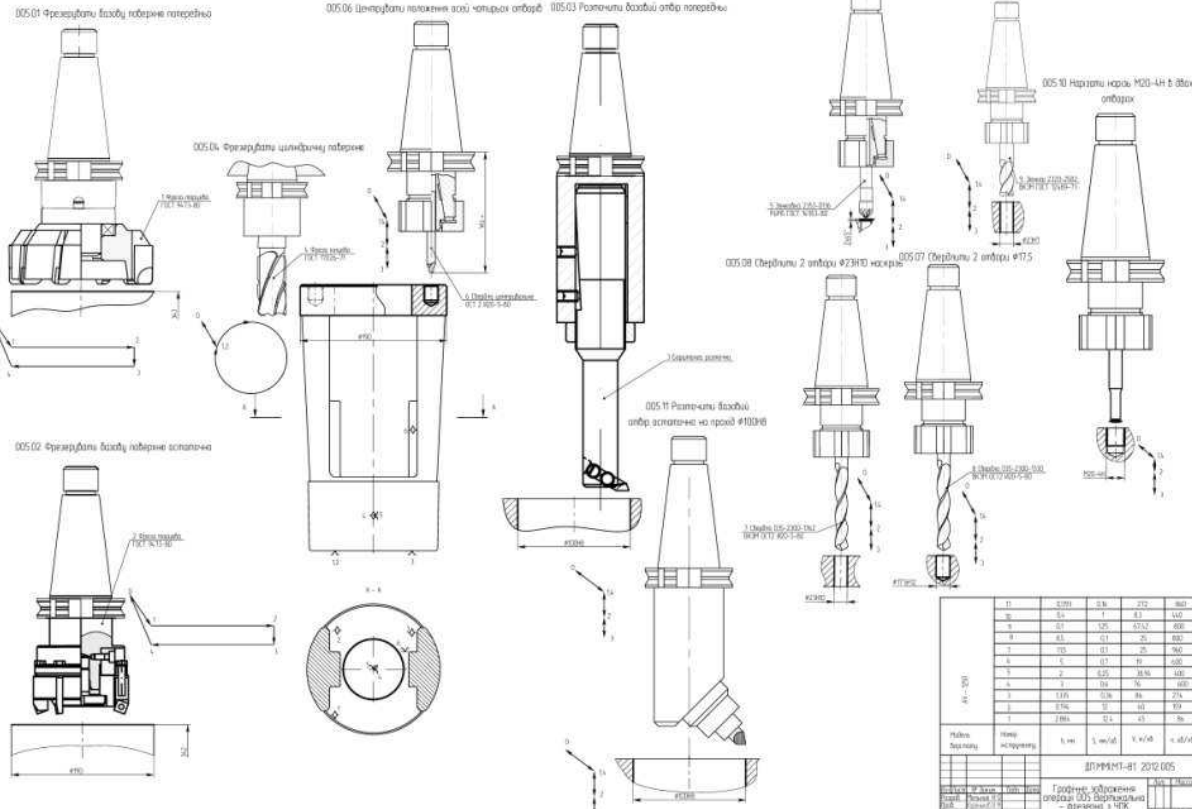


Лист № 1  
 Дата: 10.2012  
 Автор: [blank]  
 Проверил: [blank]  
 Утвердил: [blank]

Мельник Н	Королько В М	Подп	Дата	ДПММ1Т81 10.2012.001	Лист
Мат Лист	Н. Ваким	Подп	Дата		

Копировал: [blank] Формат А3

Графічне зображення операції 005 Вертикально - фрезерна з ЧПК AV - 1250



№	Вид	К-ть	Матеріал	Відомості
1	Чертеж	1	Сталь 45	Фрезерувальний інструмент
2	Чертеж	1	Сталь 45	Фрезерувальний інструмент
3	Чертеж	1	Сталь 45	Фрезерувальний інструмент
4	Чертеж	1	Сталь 45	Фрезерувальний інструмент
5	Чертеж	1	Сталь 45	Фрезерувальний інструмент
6	Чертеж	1	Сталь 45	Фрезерувальний інструмент
7	Чертеж	1	Сталь 45	Фрезерувальний інструмент
8	Чертеж	1	Сталь 45	Фрезерувальний інструмент
9	Чертеж	1	Сталь 45	Фрезерувальний інструмент
10	Чертеж	1	Сталь 45	Фрезерувальний інструмент
11	Чертеж	1	Сталь 45	Фрезерувальний інструмент
12	Чертеж	1	Сталь 45	Фрезерувальний інструмент
13	Чертеж	1	Сталь 45	Фрезерувальний інструмент
14	Чертеж	1	Сталь 45	Фрезерувальний інструмент
15	Чертеж	1	Сталь 45	Фрезерувальний інструмент
16	Чертеж	1	Сталь 45	Фрезерувальний інструмент
17	Чертеж	1	Сталь 45	Фрезерувальний інструмент
18	Чертеж	1	Сталь 45	Фрезерувальний інструмент
19	Чертеж	1	Сталь 45	Фрезерувальний інструмент
20	Чертеж	1	Сталь 45	Фрезерувальний інструмент

ДПММ1Т81 2012.005

Головний конструктор: [blank]

Проєктант: [blank]

Лист № 1 з 1

900.02.18-14944.02

### Графічне зображення операції 010 Оброблюючий центр з ЧПК AV – 1250

010.01 Ротачити отвір D1 попередньо

Порядк. номер	Назва операції	Т. м	Т. м/хв	Т. м/хв	Т. м/хв	Т. м/хв
1	1.025	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
2	1.025	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
3	1.025	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
4	1.025	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
5	1.025	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

010.05 Ротачити отвір остаточно

010.04 Нарізати наріз

010.03 Зняти фаски

010.02 Фрезерувати поверхню B2

Графічне зображення операції 015 Горизонтально – фрезерна з ЧПК CF – 25

015.03 Обробити попередньо нахилний отвір

015.02 Центрувати положення осі

015.01 Фрезерувати виступи

015.04 Зняти фаски

015.05 Нарізати наріз

Порядк. номер	Назва операції	Т. м	Т. м/хв	Т. м/хв	Т. м/хв	Т. м/хв
1	1.025	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
2	1.025	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
3	1.025	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
4	1.025	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
5	1.025	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

CF-25

ДПМФМТ-81 2012.005

Графічне зображення операції 010 і 015

11

10.05.1999

600.02.02.18-14944.02

### Програмування обробки в САМ

#### 010.02 Фрезерувати поверхню B2 за управляючою програмою

#### Список операцій в САМ програмі

010.01 Ротачити отвір D1 за управляючою програмою

010.03 Зняти фаски за управляючою програмою

010.04 Нарізати наріз за управляючою програмою

Траекторія руху інструменту

Імітація на верстаті

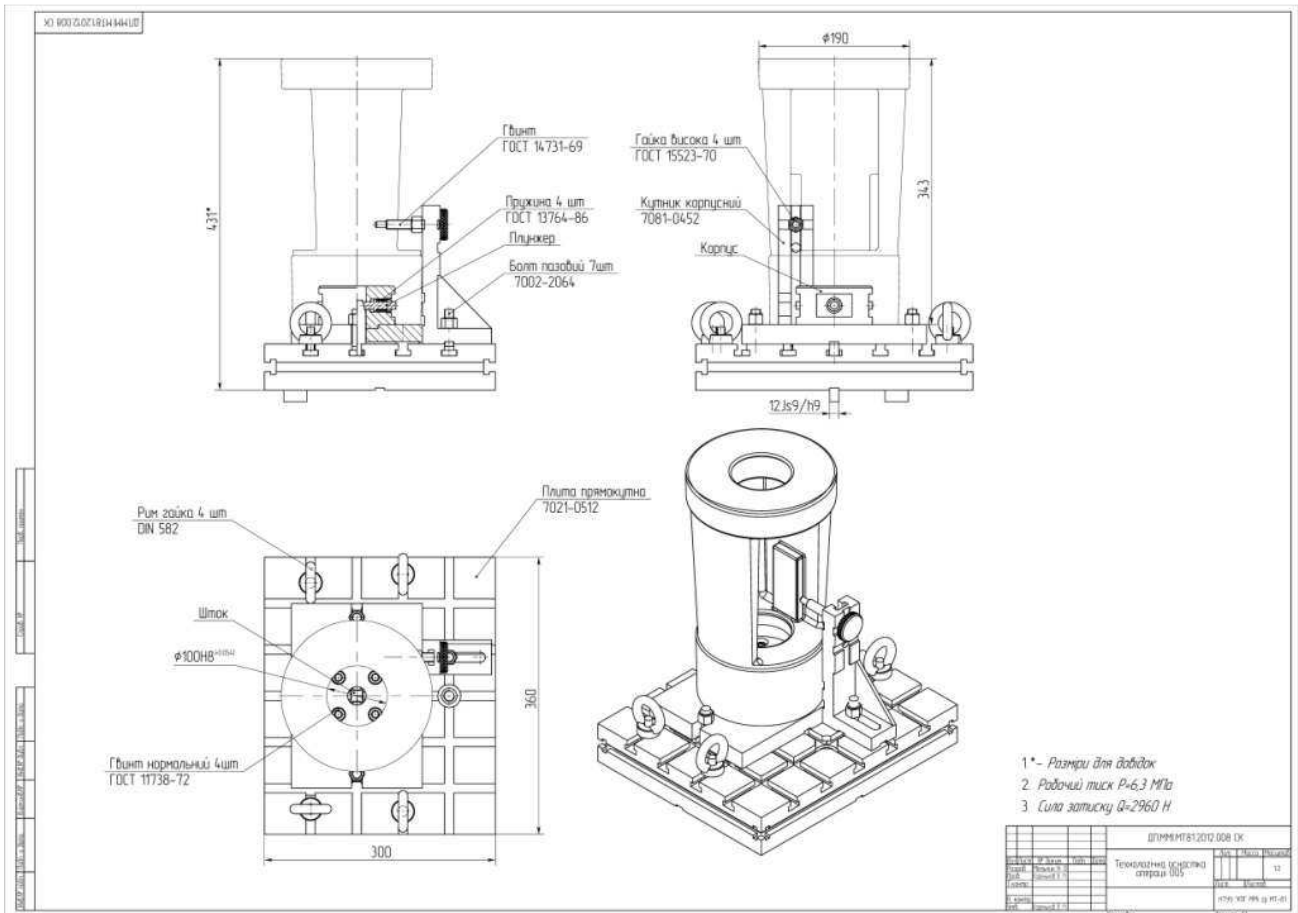
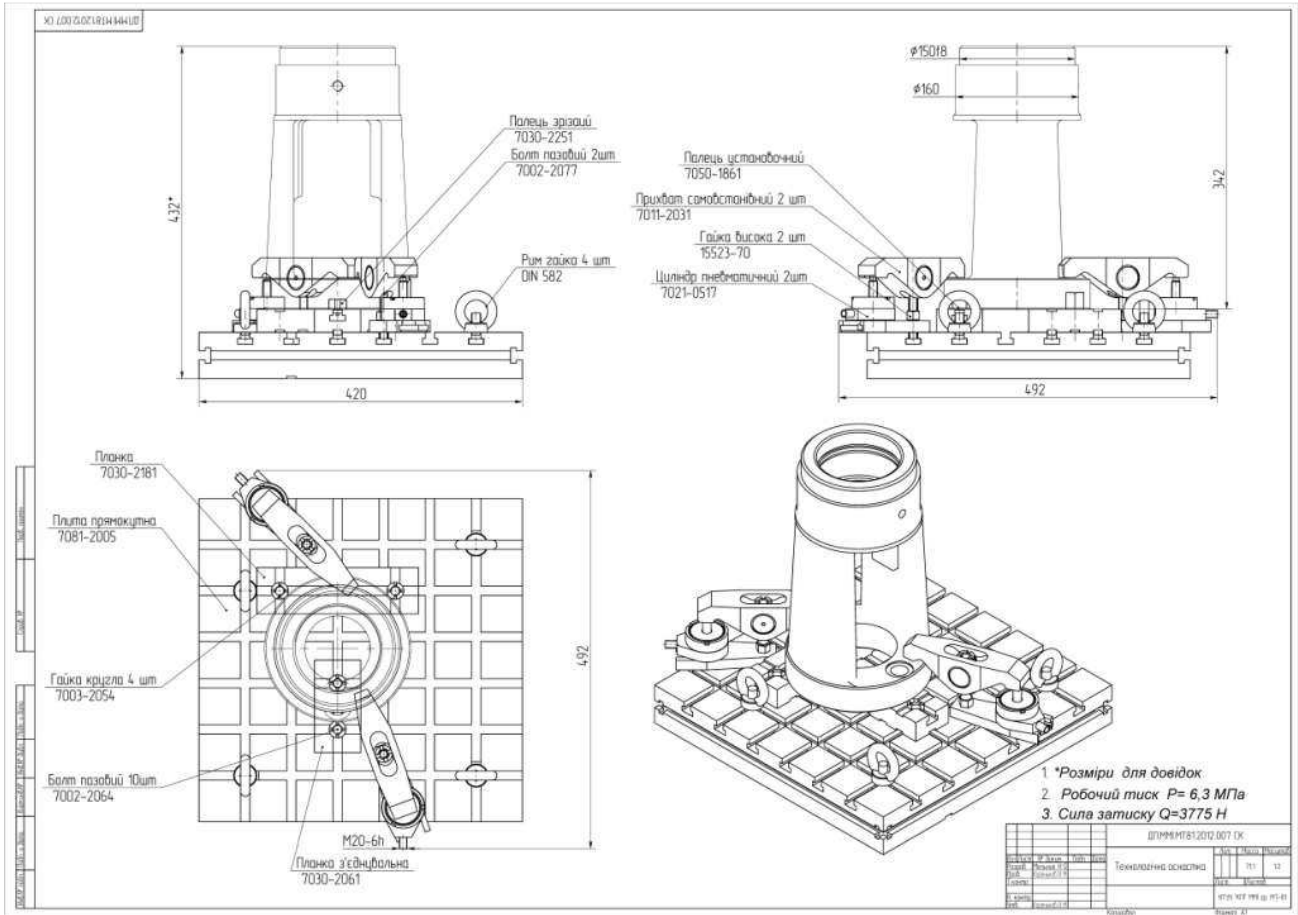
Порядк. номер	Назва операції	Т. м	Т. м/хв	Т. м/хв	Т. м/хв	Т. м/хв
1	1.025	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
2	1.025	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
3	1.025	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
4	1.025	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
5	1.025	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

ДПМФМТ-81.2012.009

Програмування обробки в САМ

11

10.05.1999





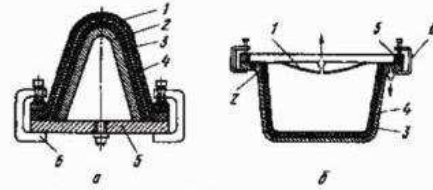
Автор дипломного проекту  
**О.О.Сабібіна** (захист 2014 р.)  
 Керівник проекту  
**к.т.н., доц. В.К.Фролов**



### СПОСОБИ ОТРИМАННЯ ЗАГОТОВОК ТА ВИРОБІВ З КМ

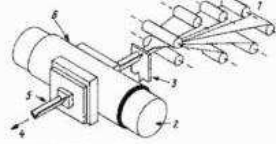


Схема установки пресування композитів вакуумним методом



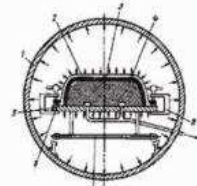
а - із вигнутими формами, б - із звичайними формами.  
1 - диaphragма, 2 - форма, 3 - заготовка, 4 - циліндр, 5 - основа, 6 - приладдя.

Схема пултрізуючої установки з твердінням в електромагнітному полі СВЧ



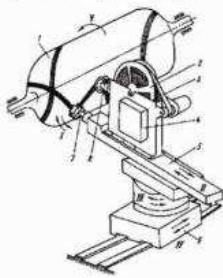
1 - вийнятий матеріал, 2 - магнетрон СВЧ, 3 - поперечне об'ємне фільтрувальне, 4 - підвісний пристрій, 5 - оброблена заготовка, 6 - термокамера з фільтруючим фільтром.

Схема формування у обтлоблі



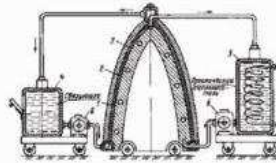
1 - обтлоб, 2 - з'єднаний циліндр, 3 - бурт, 4 - форма, 5 - плита, 6 - підвісний пристрій, 7 - вазок, 8 - з'єднаний запис.

Схема сухого намотування препрегом виробу



1 - отримок, 2 - діална а препрегом, 3 - роздатка плівки, 4 - намотка, 5 - супорт, 6 - каретка, 7 - голубка, 8 - пристрій намотки.

Схема пропитування пакета матеріалу під тиском



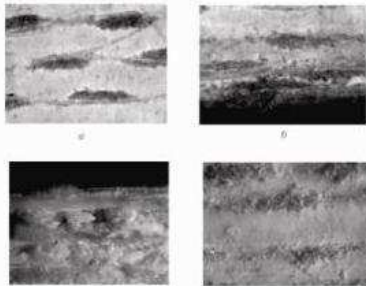
1 - тиском, 2 - пакет матеріалу, 3 - намотка, 4 - пакет з тиском, 5 - установка для намотки органічного тиском, 6 - компресор.

ДЛБММТ-0116.002		№	№	№
№	№	№	№	№
Облаштування механічної обробки деталей з композитних матеріалів				
№	№	№	№	№
ІНТІІ АСІАМ ТІ-01				

## Залежність якості обробленої поверхні і потужності різання від режимів обробки при фрезеруванні полімерних композиційних матеріалів

Якісний стан обробленої поверхні склетекстали залежно від зміни режимів різання оцінено за допомогою виявлення дефектів, що виникають при фрезеруванні даного композиційного матеріалу інструментом, оснащеним твердим сплавом ВКЗМ і заточеним комбінованим методом електроалмазного шліфування.

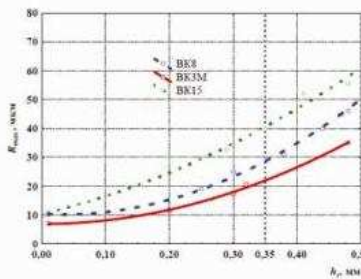
Дефекти на поверхні композиту СТЕФ-1 після 2 хвилин обробки з різними режимами різання



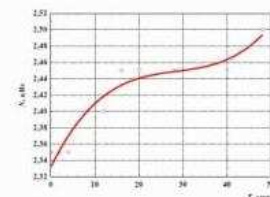
а)  $S_z = 0,167 \text{ мм/зуб}$ ,  $f = 0,5 \text{ мм}$ ,  
б)  $S_z = 0,33 \text{ мм/зуб}$ ,  $f = 0,5 \text{ мм}$ ,  
в)  $S_z = 0,33 \text{ мм/зуб}$ ,  $f = 2,0 \text{ мм}$ ,  
г)  $S_z = 0,25 \text{ мм/зуб}$ ,  $f = 0,5 \text{ мм}$ .

За результатами серії дослідів побудовані залежності шорсткості обробленої поверхні композиційного матеріалу від зміни величини фаски зносу по задній поверхні інструменту, оснащеного різними марками твердого сплаву.

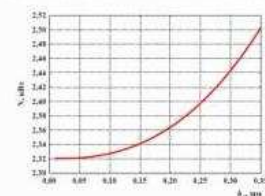
Залежність шорсткості поверхні склетекстали від зміни величини фаски зносу по задній поверхні при обробці інструментом, оснащеним різними марками твердого сплаву ( $S_z = 0,167 \text{ мм/зуб}$ ,  $f = 0,5 \text{ мм}$ ,  $V = 2826 \text{ м/хв}$ )



Залежність загальної потужності при різанні від часу обробки полімерного композиційного матеріалу ( $S_z = 0,167 \text{ мм/зуб}$ ,  $f = 0,5 \text{ мм}$ ,  $V = 2826 \text{ м/хв}$ )



Залежність потужності різання від зміни величини фаски зносу по задній поверхні інструменту ( $S_z = 0,167 \text{ мм/зуб}$ ,  $f = 0,5 \text{ мм}$ ,  $V = 2826 \text{ м/хв}$ )

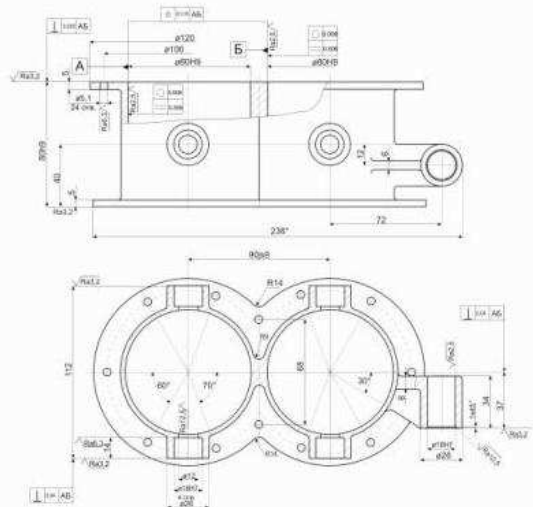


ДЛБММТ-0116.003		№	№	№
№	№	№	№	№
Облаштування механічної обробки деталей з композитних матеріалів				
№	№	№	№	№
ІНТІІ АСІАМ ТІ-01				

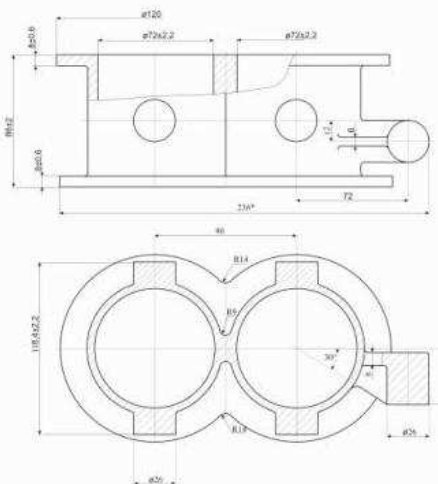
### 3-D модель деталі



### Кресленик деталі



### Кресленик заготовки



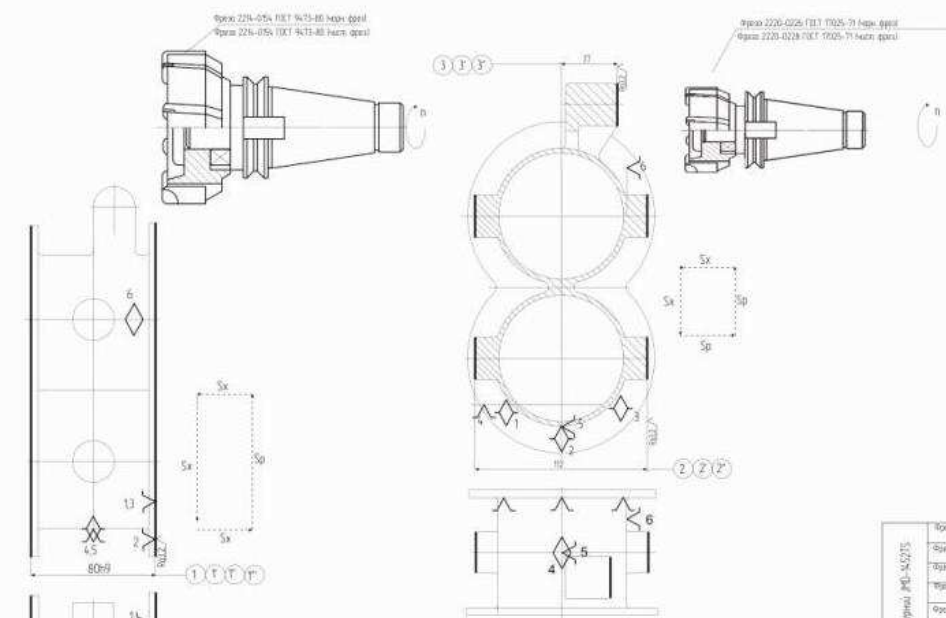
### 3-D модель заготовки



- 1 \* Рівень для фідів
- 2 Нормальні алмаси радіус 3.5 мм
- 3 Модуль по геометрії по виступу 0.9-1.1
- 4 Висота виступу 10-11 ГОСТ 2044-85
- 5 63.71 НВ
- 6 1.2 мм, виступи 0.9-1.1 ГОСТ 2044-85
- 7 1.2 мм, виступи 0.9-1.1 ГОСТ 2044-85
- 8 63.71 НВ
- 9 Залізкова голівка цвяхи сталева без протрав, алмаси по геометрії
- 10 По необхідності алмаси виступи не добираються
- 11 63.71 НВ, α17.5/2

ДЛБ/МММТ-01.16.004	
Корпус крана	0.92 1.1
АН-7 ГОСТ 1583-93	НТ-93-4334-НТ-01

### Операція 005. Багатоцільова з ЧПУ

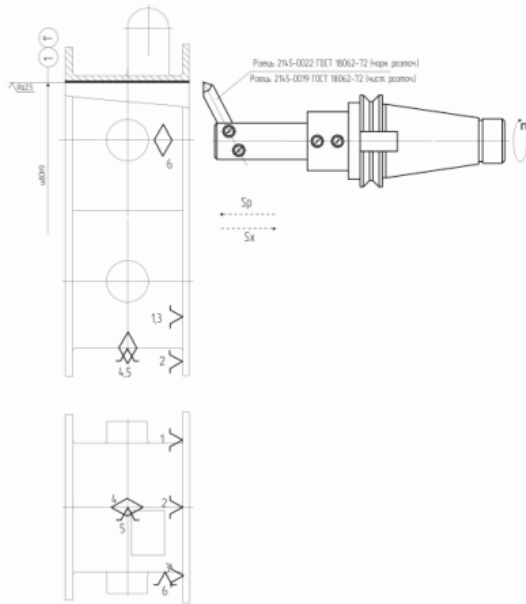


Параметри	0.05	0.05	2.0	1000	0.01
Виробничий коефіцієнт	0.45	0.1	54	630	0.03
Виробничий коефіцієнт	1.2	0.98	81	315	0.05
Виробничий коефіцієнт	0.05	0.05	210	1000	0.01
Виробничий коефіцієнт	0.45	0.1	54	630	0.06
Виробничий коефіцієнт	1.2	0.98	81	315	0.1
Виробничий коефіцієнт	0.05	0.05	495	930	0.04
Виробничий коефіцієнт	1.2	0.24	64	200	0.23
Виробничий коефіцієнт	0.45	0.12	112	400	0.16
Виробничий коефіцієнт	0.05	0.05	495	630	0.04
Висота	1 мм	447 м/хв	11 м/хв	1 м/хв	1 м/хв

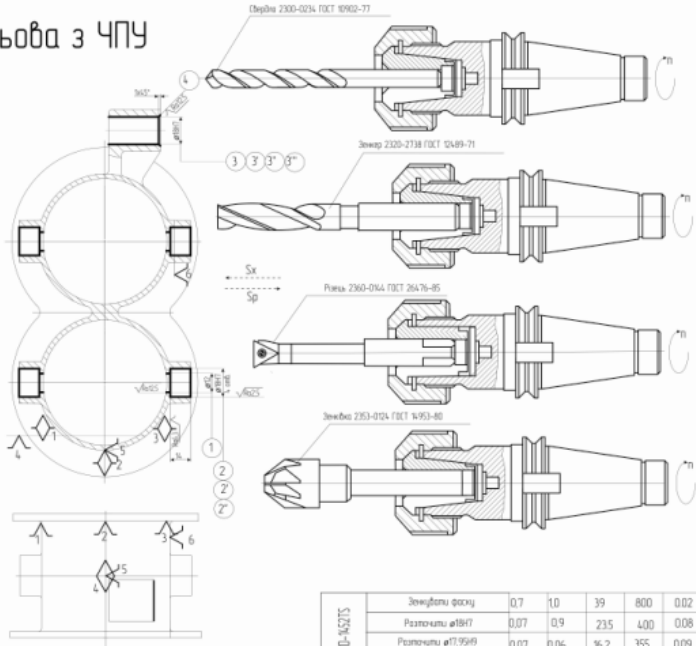
ДЛБ/МММТ-01.16.007	
Схема технологічної операції	0.92 1.1
АН-7 ГОСТ 1583-93	НТ-93-4334-НТ-01



## Операція 005. Багатоцільова з ЧПУ



Матеріальні параметри: ДБ-14215	Чистове				
	0,05	0,12	210	1000	0,09
Облаш:	Чорнове				
	1,6	0,6	85	355	0,38
	Склад перекошу				
	1, мм	1, мм/об	х, м/хв	х, об-1	1, об

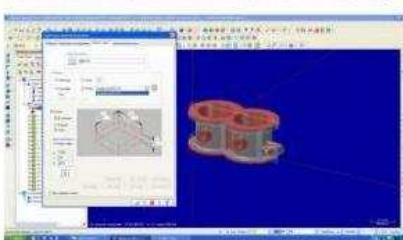


Матеріальні параметри: ДБ-14215	Земляк фазки				
	0,7	1,0	3,9	800	0,02
Облаш:	Розточка ø18H7				
	0,07	0,9	235	400	0,08
	Розточка ø17,9H9				
	0,07	0,06	16,2	355	0,09
	Земляк ø17,9H12				
	0,42	1,1	27,4	560	0,9
	Земляк ø17H6				
	8,5	0,7	29,9	560	0,17
	Розточка ø18H7				
	0,07	0,9	23,5	400	0,08
	Розточка ø17,9H9				
	0,42	0,06	16,2	355	0,8
	Земляк ø17,9H12				
	2,5	1,1	27,4	560	0,02
	Земляк ø17H6				
	6,0	0,7	29,9	560	0,11
	Склад перекошу				
	1, мм	1, мм/об	х, м/хв	х, об-1	1, об

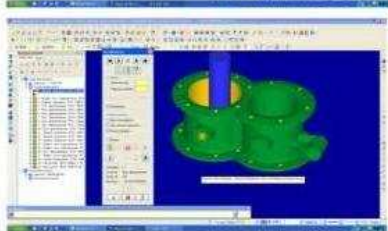
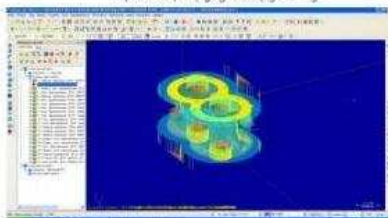
ДБ.ММ.МТ-0116.008					
№	№	№	№	№	№
Схема виконання технологічної операції					
№	№	№	№	№	№
№	№	№	№	№	№
№	№	№	№	№	№

## СИМУЛЯЦІЯ ОБРОБЛЕННЯ ДЕТАЛІ В ПРОГРАМІ MASTERCAM X6

Для роботи в програмі потрібно завантажити створити 3-Д модель деталі та заготовки, з розширенням файлу .STL

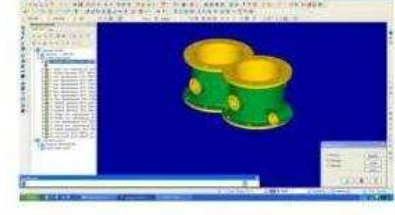
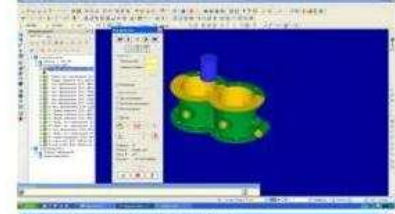
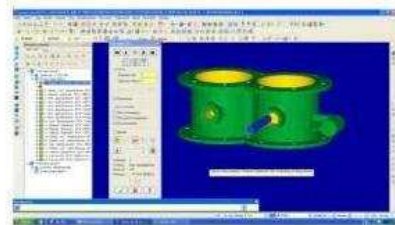


Після задання всіх умов для оброблення заготовки, програма сама виконує прорухи траєкторії руху інструменту.

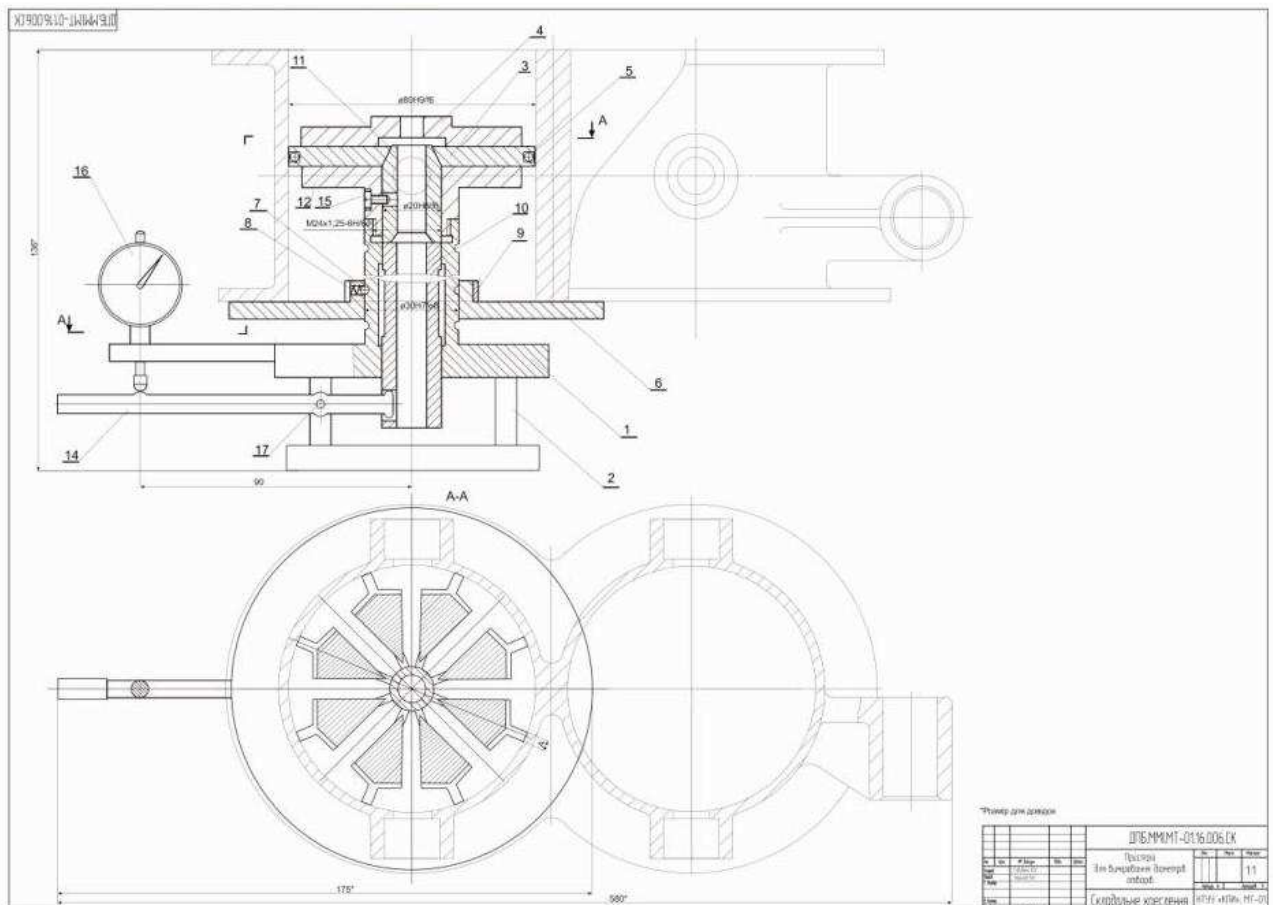
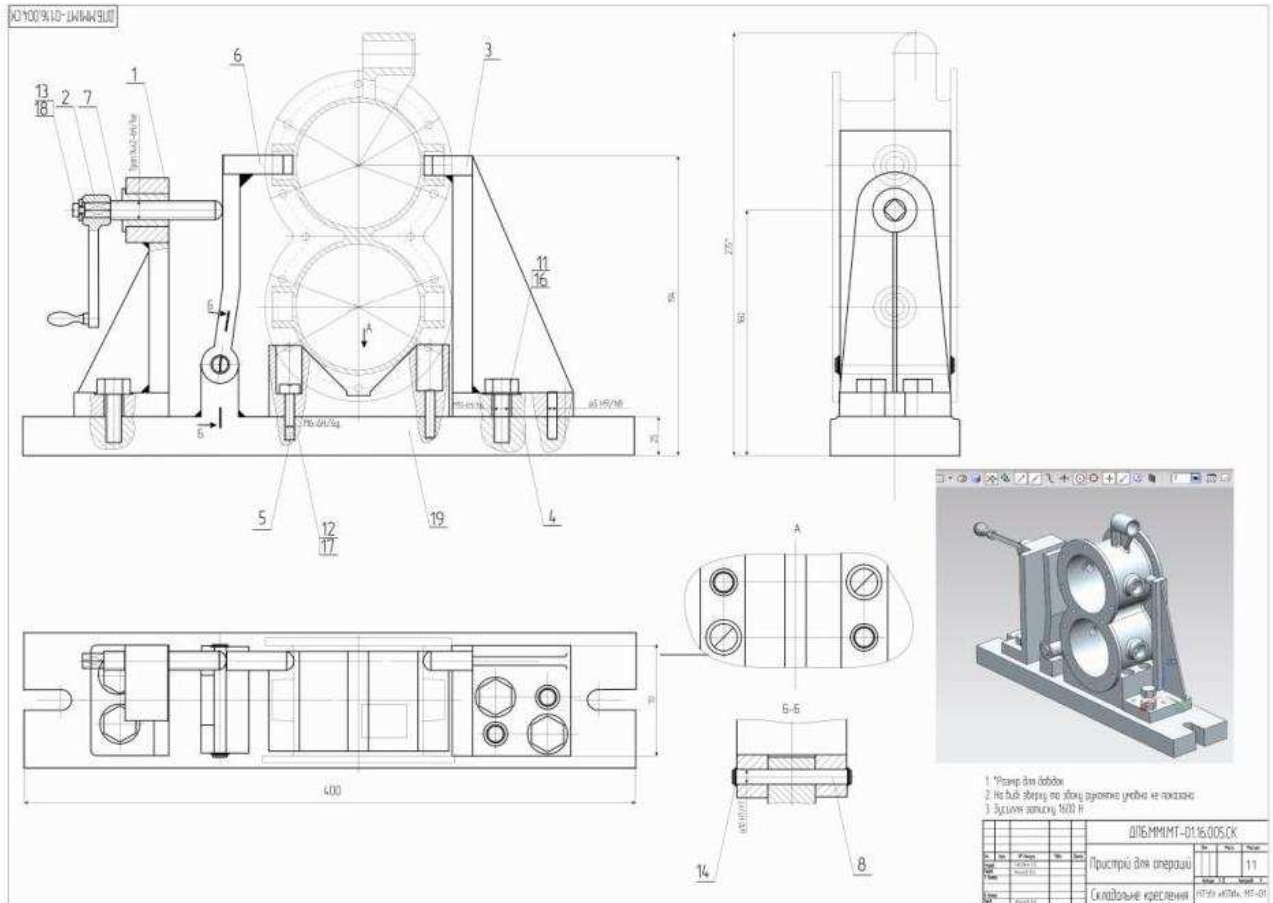


```

%
000000000
(DATE=DD-MM-YY - 22-04-14 TIME=HHMM - 1204)
(INC FILE - C:\DOCUMENTS AND SETTINGS\ADMINISTRATOR\РАБОЧИЙ СТОЛ\НОВАЯ ПАПКА (2)\DIPLOM.S00\КОД111_С_ФРЕЗЕРОВАНИЕМ\МСХ-6)
(INC FILE - C:\DOCUMENTS AND SETTINGS\ADMINISTRATOR\РАБОЧИЙ СТОЛ\НОВАЯ ПАПКА (2)\КОД110)
(MATERIAL - ALUMINIUM MM - 2024)
(T20 I 10 DRILL H20 I)
(T219 I 10 FLAT ENDMILL H219 I)
(T229 I 20 FLAT ENDMILL H229 I)
N100 G21
N102 G0 G17 G40 G49 G80 G90
N104 T20 M6
N106 G0 G90 G54 X105 Y27.883 S1145 M3
N108 G43 H20 Z85
N110 G99 G83 Z0 R85 Q2 F50
N112 X176.5 Y45.899
N114 X203 Y0
N116 X131.873 Y49.804
N118 X176.5 Y-45.899
N120 X131.873 Y-49.804
N122 X105 Y-28.033
N124 X78.127 Y-49.804
N126 X335.38 Y-45.922
N128 X7 Y0
N130 X335 Y45.899
N132 X78.016 Y49.844
N134 G80
N136 M5
N138 G91 G28 Z0
N140 M01
N142 T219 M6
N144 G0 G90 G55 X-7.079 Y-21.878 S1909 M3
N146 G43 H219 Z25
N148 Z5
N150 G1 Z0 F190
N152 X7.064 F3818
N154 G0 Z5
N156 Z25
N158 X83.033
N160 Z5
    
```

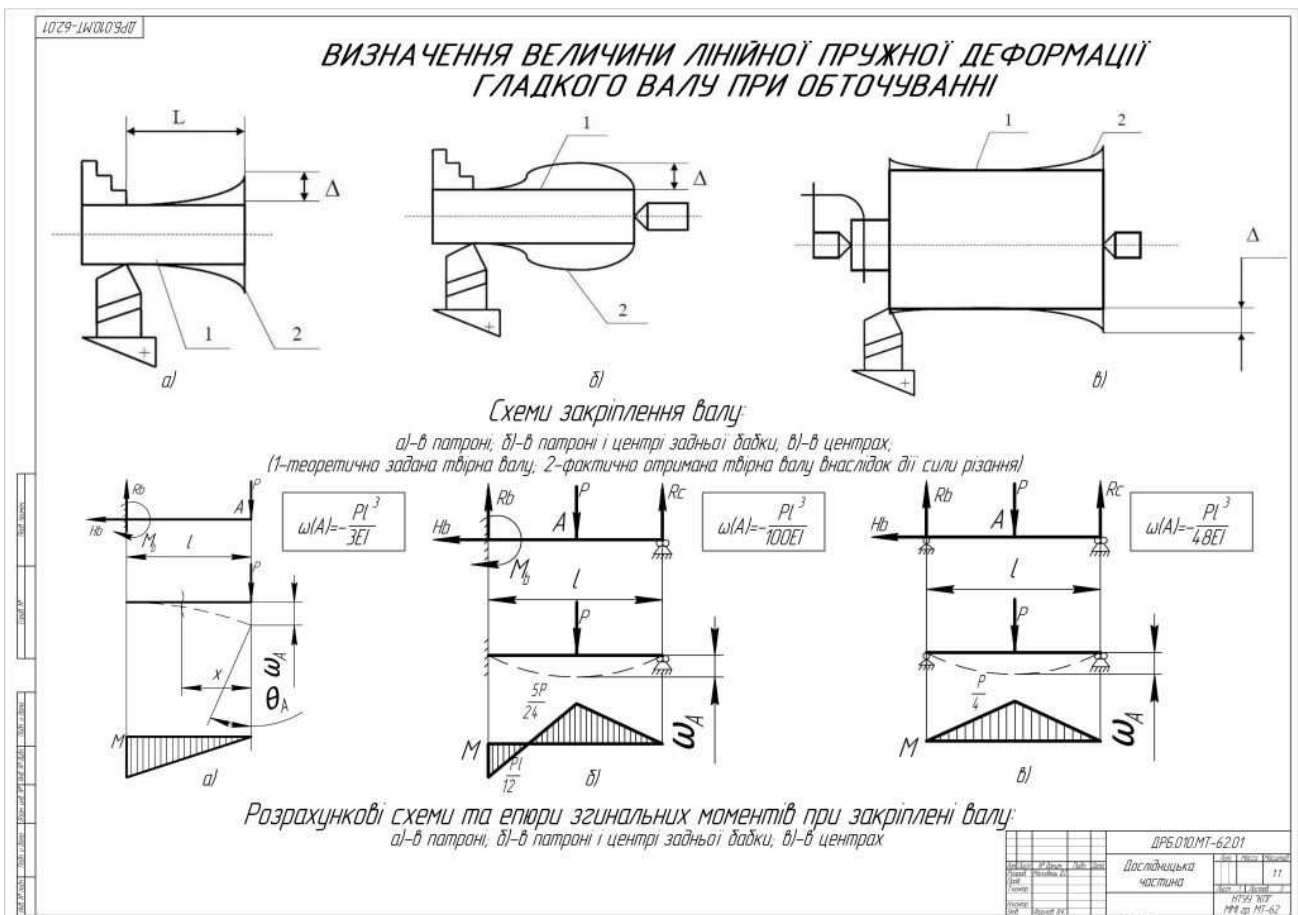


ДБ.ММ.МТ-0116.009					
№	№	№	№	№	№
Схема виконання технологічної операції					
№	№	№	№	№	№
№	№	№	№	№	№
№	№	№	№	№	№

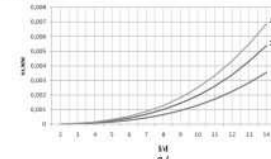
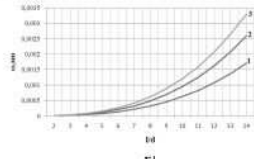
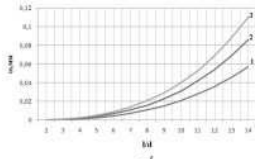


Автор дипломного проекту  
**Д.С.Московець** (захист 2010 р.)

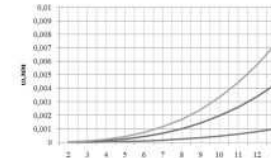
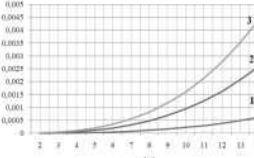
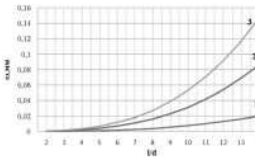
Керівник проекту  
**к.т.н., доц. В.К.Фролов**



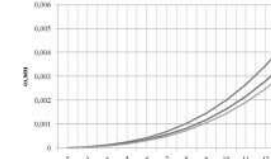
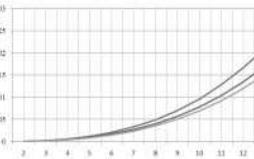
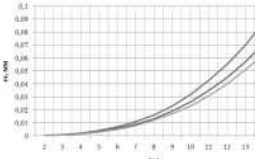
## ВПЛИВ СХЕМИ ЗАКРІПЛЕННЯ ТА РЕЖИМІВ РІЗАННЯ НА ТОЧНІСТЬ ОБРОБКИ ПРИ ОБТОЧУВАННІ ГЛАДКИХ ВАЛІВ



Графіки залежності максимальної радіальної деформації валу  $\omega$  від співвідношення довжини валу  $l$  до його діаметру  $d$  при постійних  $l=5\text{мм}$ ,  $V=100\text{ м/хв}$ ,  $\varphi=90^\circ$  при закріпленні валу: а)-в патроні, б)-в патроні з підтиском заднім центром, в)-в центрах (1- $S=0,1\text{мм/об}$ , 2- $S=0,2\text{мм/об}$ , 3- $S=0,3\text{мм/об}$ )

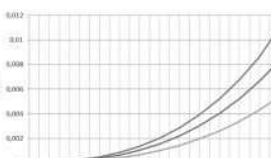
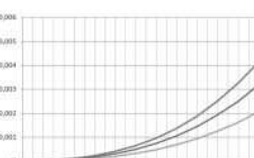
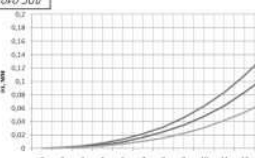


Графіки залежності максимальної радіальної деформації валу  $\omega$  від співвідношення довжини валу  $l$  до його діаметру  $d$  при постійних  $S=0,2\text{мм/об}$ ,  $V=100\text{ м/хв}$ ,  $\varphi=90^\circ$  при закріпленні валу: а)-в патроні, б)-в патроні з підтиском заднім центром, в)-в центрах (1- $l=1\text{мм}$ , 2- $l=5\text{мм}$ , 3- $l=9\text{мм}$ )

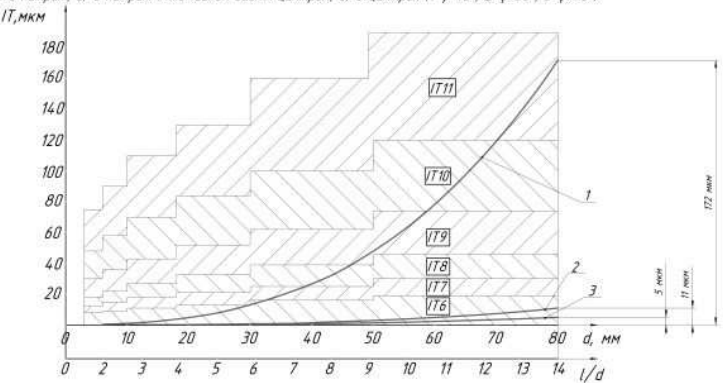


Графіки залежності максимальної радіальної деформації валу  $\omega$  від співвідношення довжини валу  $l$  до його діаметру  $d$  при постійних  $l=5\text{мм}$ ,  $S=0,2\text{мм/об}$ ,  $\varphi=90^\circ$  при закріпленні валу: а)-в патроні, б)-в патроні з підтиском заднім центром, в)-в центрах (1- $V=300\text{ м/хв}$ , 2- $V=200\text{ м/хв}$ , 3- $V=100\text{ м/хв}$ )

ДБР.010.МТ-62.02		Дата:	Лист:
Дослідницька частина		№:	11
МТ-62		МТ-62	



Графіки залежності максимальної радіальної деформації валу  $\omega$  від співвідношення довжини валу  $l$  до його діаметру  $d$  при постійних  $l=5\text{мм}$ ,  $S=0,2\text{мм/об}$ ,  $V=100\text{ м/хв}$  при закріпленні валу: а)-в патроні, б)-в патроні з підтиском заднім центром, в)-в центрах (1- $\varphi=45^\circ$ ; 2- $\varphi=60^\circ$ ; 3- $\varphi=90^\circ$ )



Порівняння величини прогину при обточуванні гладких валів з величинами полів допусків при закріпленні заготов: 1-в патроні, 2-в патроні з підтиском заднім центром, 3-в центрах.

**ВИСНОВОК**-Аналіз графіків дає можливість зробити висновок, що в досліджуваному діапазоні режимів обробки, геометричних параметрів інструменту та співвідношення довжини валу до його діаметру максимальні значення радіальної деформації валів не перевищують

- при закріпленні в патроні -  $0,172\text{мм}$ ,
- при закріпленні в патроні з підтиском заднім центром -  $0,005\text{мм}$ ,
- при закріпленні в центрах -  $0,011\text{мм}$ .

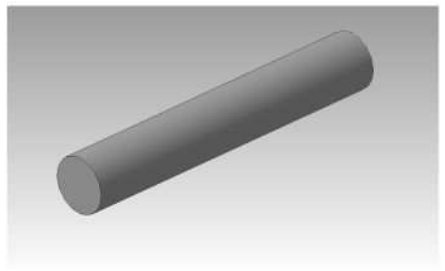
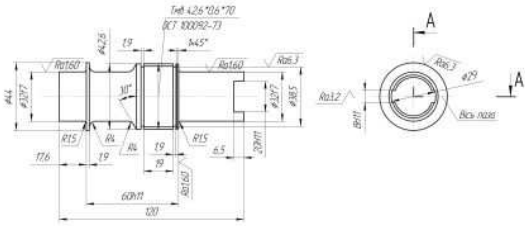
В той же час, для валів з діаметрами від 6 до 80мм величина поля допуску  $T$  знаходиться в діапазонах:

- квалітет IT7-T =  $0,015$  -  $0,030\text{мм}$  - квалітет IT11-T =  $0,090$  -  $0,190\text{мм}$ ;
- квалітет IT8-T =  $0,022$  -  $0,046\text{мм}$  - квалітет IT12-T =  $0,150$  -  $0,300\text{мм}$ ;
- квалітет IT9-T =  $0,036$  -  $0,074\text{мм}$  - квалітет IT13-T =  $0,220$  -  $0,460\text{мм}$ ;
- квалітет IT10-T =  $0,058$  -  $0,120\text{мм}$  - квалітет IT14-T =  $0,360$  -  $0,740\text{мм}$ .

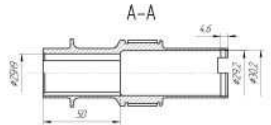
ДБР.010.МТ-62.03		Дата:	Лист:
Дослідницька частина		№:	11
МТ-62		МТ-62	

1029-140109417

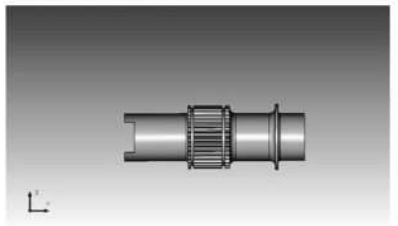
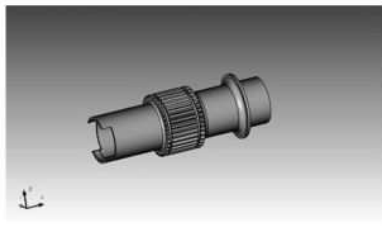
Ra6,3 (✓)



Заготовка (3-D модель)



- 1. Маса заготовки 0,4 кг
- 2.  $\sigma_b = 1078-1372$  МПа
- 3. Розміри для довідок
- 4. Допускається слід від протяжки на  $\Phi 29,2$

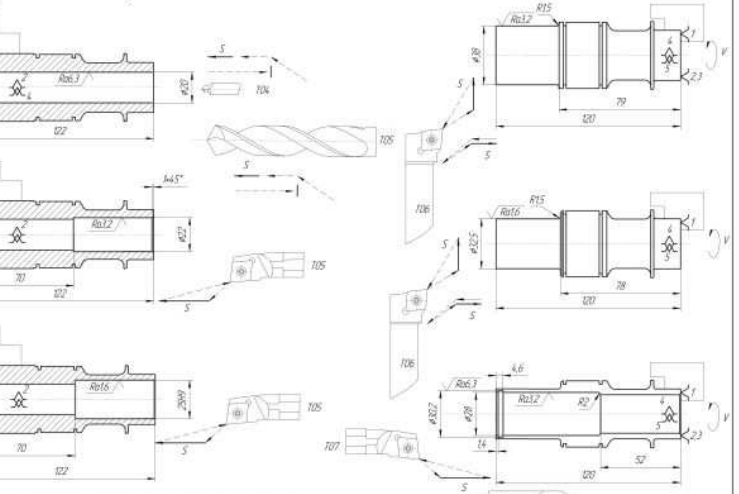
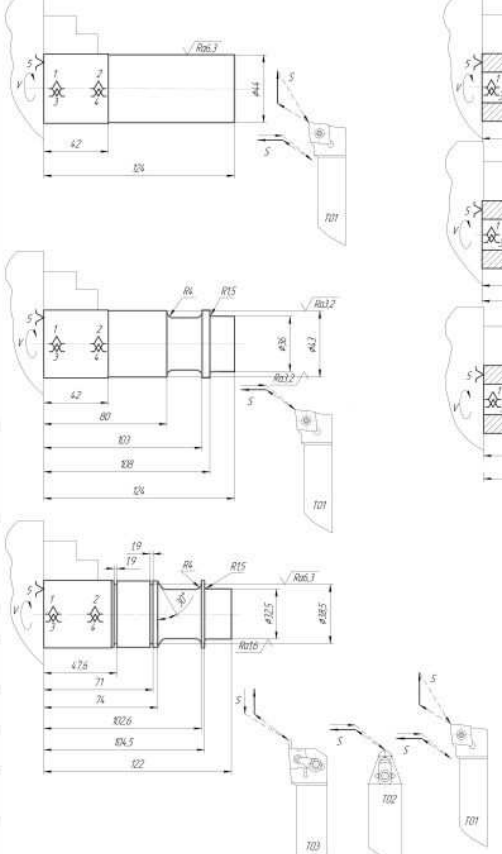


Деталь (3-D модель)

		ДР6.010.МТ-62.04		№	Шкала	Вид
Назва	Матеріал	Знач.	Знач.	11	0,25	1:1
Код	Стандарт	Група	Клас	1174	107	
Специфікація	ДТУ 896 Т94-1-1650-76	Матеріал	МТ-62			

5029-140109417

Операция 005. Токарна с ЧПУ

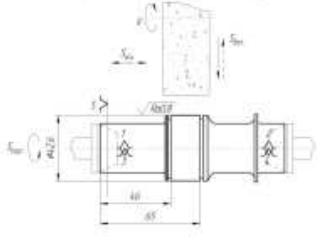


№	Позиция	Измерение	Велич	Доп.	Велич	Доп.	Велич	Доп.	Велич	Доп.
21	0,6	0,15	8,99	77	0,56					
20	1,2	0,1	6,27	80	0,1					
19	4	0,29	4,32	36	0,55					
18	1	0,15	7,71	78	0,39					
17	3,5	0,29	4,60	4,9	0,34					
16	2	0,2	7,07	80	0,26					
15	0,42	0,07	9,50	118	0,46					
14	0,2	0,15	7,7	987	0,25					
13	2	0,29	36	466	0,38					
12	7,5	0,1	8,82	25	0,4					
11	0,5	0,1	2,50	280	0,2					
10	1,25	0,15	7,71	78	0,17					
9	1,25	0,15	7,71	78	0,17					
8	1,9	0,05	8,27	80	0,26					
7	2	0,2	7,07	80	0,26					
6	0,5	0,13	6,87	95	0,17					
5	4	0,29	4,60	4,9	0,25					
4	4	0,29	4,60	4,9	0,25					
3	0,5	0,13	6,87	95	0,17					
2	2	0,2	7,07	80	0,26					
1	2	0,2	7,07	80	0,26					

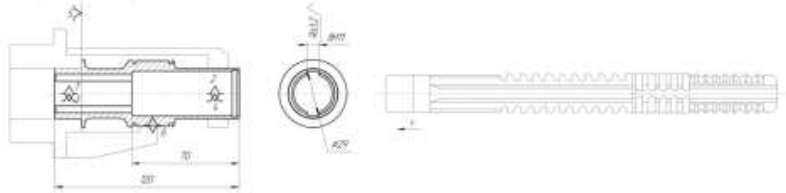
		ДР6.010.МТ-62.05		№	Шкала	Вид
Назва	Матеріал	Знач.	Знач.	11	0,25	1:1
Код	Стандарт	Група	Клас	1174	107	
Специфікація	ДТУ 896 Т94-1-1650-76	Матеріал	МТ-62			

9029-1400360

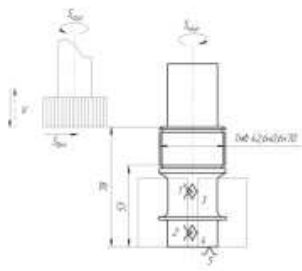
Операция 010. Круглошлифовальна



Операция 020. Протяжна



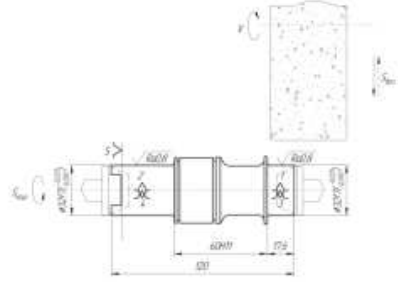
Операция 015. Добвальна



Операция 025. Фрезерна



Операция 030. Круглошлифовальна

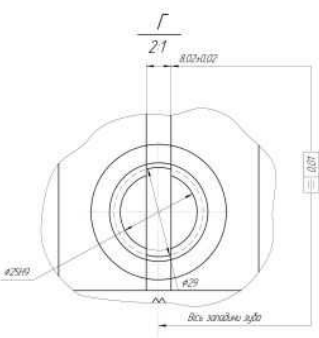
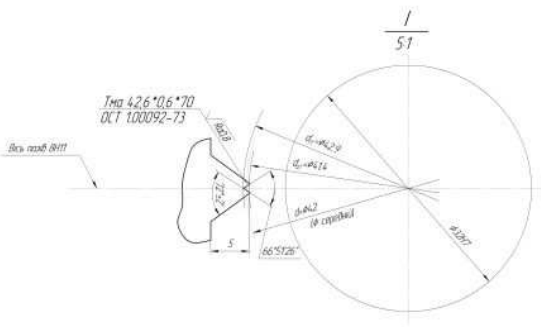
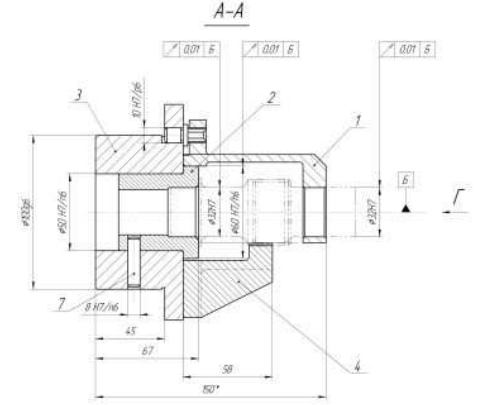
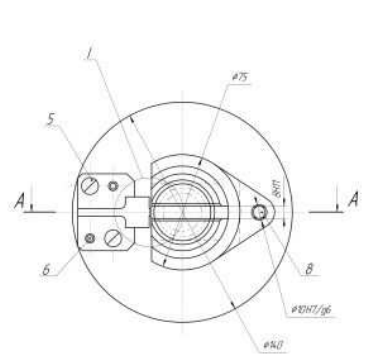


010	Круглошлифовальна	Круглошлифовальна	1	2	0.05	0.02	44	30	0.04
015	Добвальна	Добвальна	1	1	0.05	0.02	44	30	0.04

020	Протяжна	Протяжна	1	1	0.1	0.01	100	200	0.1
025	Фрезерна	Фрезерна	1	1	0.05	0.02	44	30	0.04

ДР6.0ЮМ1-62.06		Горюче-зоджене	11
		Вискозитивна	11
		Температура	11
		Влажність	11

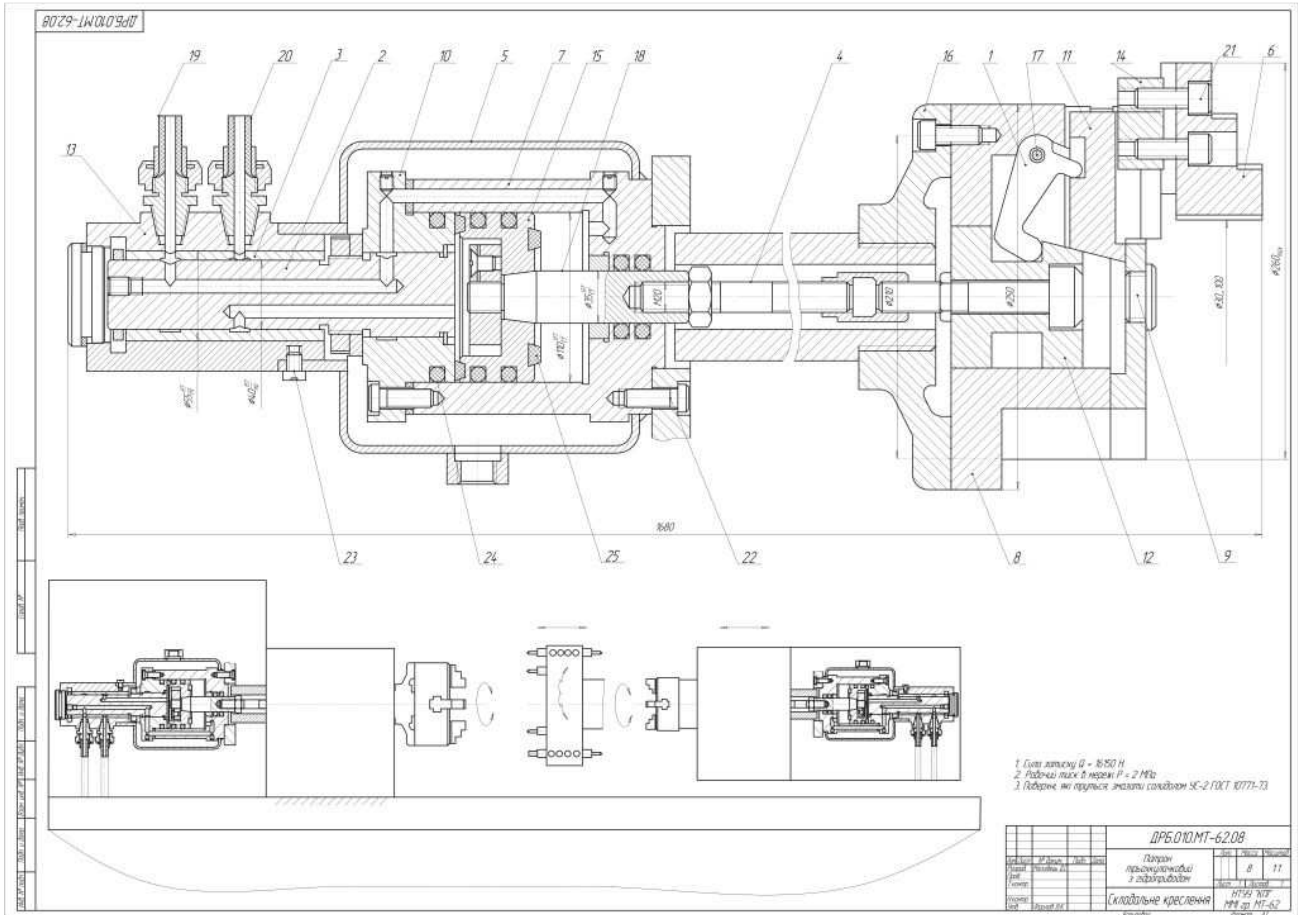
1029-1400360



- 1\* Розмір для довідок
- 2. Маркування 63700/148-112
- 3. Використовувати на верстаті моделі 7А5Ю

ДР6.0ЮМ1-62.07		Горюче-зоджене	11
		Вискозитивна	11
		Температура	11
		Влажність	11





Автор дипломного проекту  
**А.С.Новохацький** (захист 2014 р.)  
 Керівник проекту  
**к.т.н., доц. В.Г.Біланенко**

## Технологічне забезпечення геометричних параметрів шорсткості поверхні ГОСТ 2789-2000

### Параметри шорсткості

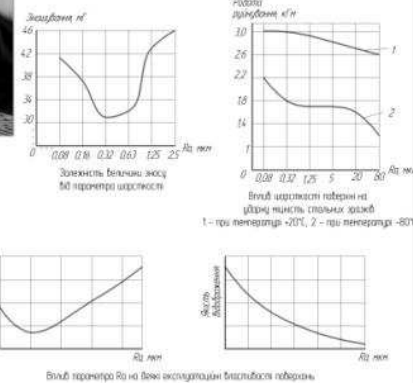
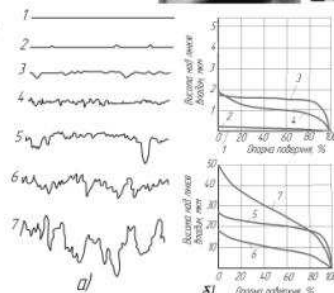
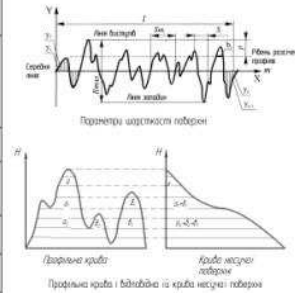
Середнє арифметичне відхилення	$Ra$	$Ra = \frac{1}{l} \int_0^l  y(x)  dx$
Висота нерівності профілю по десяти точках	$Rz$	$Rz = \frac{1}{5} (\sum_{i=1}^5  y_{pi}  + \sum_{i=1}^5  y_{vi} )$
Найбільша висота нерівностей профілю	$R_{max}$	-
Середній крок нерівностей профілю	$S_m$	$S_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i$
Середній крок нерівностей профілю по вершинках	$S$	$S = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i$
Опорна довжина профілю	$\lambda_p$	-
Відносна опорна довжина профілю	$\lambda_p$	$\lambda_p = \frac{\lambda_p}{l}$

### Засоби контролю якості поверхонь



### Вплив параметрів шорсткості на роботоздатність поверхонь деталей машин

Експлуатаційна властивість поверхні	Параметри і характеристики шорсткості, що визначають експлуатаційні властивості
Еластичність при дові. вантажі	$Ra, Rz, S, S_m$ (максимум нерівностей)
Вдирність	$Ra, Rz, S, S_m$ (максимум нерівностей)
Контактна жорсткість	$Ra, Rz, S, S_m$
М'якість з'єднань	$Ra, Rz$
М'якість контакту при щільній заплітці	$Ra, Rz, S, S_m$ (максимум нерівностей)
Герметичність з'єднань	$Ra, Rz, S, S_m, S_p$
Доп. в з'єднанні	$Rz, S, S_m, S_p$

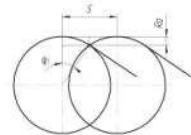
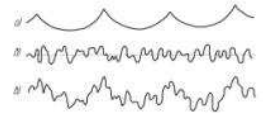


Графіки криві і криві нерівності поверхонь для різних поверхонь:  
 1 - сталеві; 2 - нержавіючі; 3 - після напалювання; 4 - після шарування;  
 5 - після фрезерування; 6 - після поперічного різання; 7 - після свердління

ММДПБ.МТО.10.04.001	
Завдання підлягає машиннообробленню	НТУУ "ХП" ММ

## Технологічне забезпечення необхідних параметрів якості поверхневого шару деталей машин

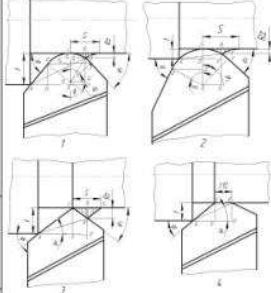
### Дослідження залежності параметра шорсткості Ra від кутів в плані $\phi$ і $\psi$ , та радіуса при вершині r



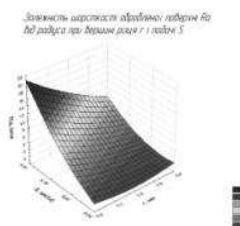
$$S_{max} = 2r \sin(\phi)$$

$$Ra = r \sqrt{4r^2 - S^2}$$

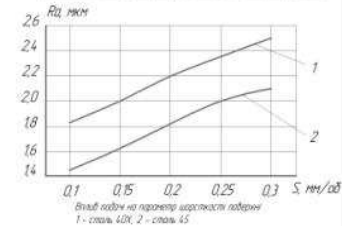
$$S = 2 \sqrt{Ra^2 - 2r \cdot Ra}$$



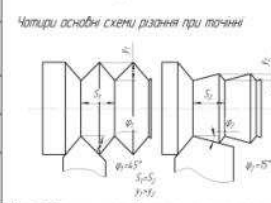
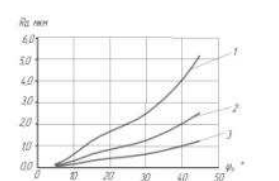
1)  $t \geq r(1 - \cos \phi)$ ;  $s \leq 2r \sin \phi$ ;  
 $a_1 = \frac{r}{t}$ ;  $b_1 = \frac{t}{\sin \phi}$ ;  
 $a_1 = \frac{r}{c} \sin \arctg \frac{1}{1 - a'(1 - \cos \phi)} \operatorname{ctg} \phi + a'(\sin \phi + b')$ ;  
 $b_1 = \frac{c \cdot t}{\sin \arctg \frac{1}{1 - a'(1 - \cos \phi)} \operatorname{ctg} \phi + a'(\sin \phi + b')}$ ;  
 $a' = \frac{r}{t}$ ;  $b' = \frac{t}{2r}$ ;  $c' = 1 - a'(1 - \sqrt{1 - b'^2})$



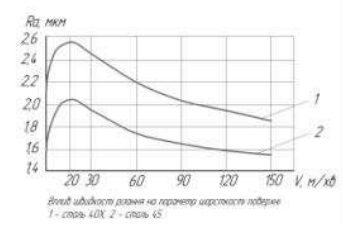
$S_{max}$ , мм	$r=0.1$ мм	$r=0.2$ мм	$r=0.4$ мм
5	0.077	0.055	0.077
7	0.024	0.049	0.097
10	0.025	0.069	0.109
15	0.052	0.104	0.207
20	0.17	0.17	0.34
45	0.117	0.203	0.506



2)  $t < r(1 - \cos \phi)$ ;  $s \leq 2r \sin \phi$ ;  
 $a_1 = \frac{r}{c} \sin \arctg \frac{c'}{\sqrt{2a'^2 - 1 + a'b'}}$ ;  
 $b_1 = \frac{c \cdot t}{\sin \arctg \frac{c'}{\sqrt{2a'^2 - 1 + a'b'}}}$



3)  $r=0$ ;  
 $a_1 = \frac{r}{d'} \sin \arctg \frac{d'}{1 + \operatorname{ctg} \phi - d'}$ ;  
 $b_1 = \frac{d \cdot t}{\sin \arctg \frac{d'}{1 + \operatorname{ctg} \phi - d'}}$ ;  
 $d' = 1 - \frac{r}{t} \frac{1}{1 + \operatorname{ctg} \phi + \operatorname{ctg} \psi}$



Графік залежності параметра шорсткості оброблених поверхонь від доповненого кута різання:  
 1 - радіус при вершині різця r=0.1 мм; 2 - радіус при вершині різця r=0.2 мм; 3 - радіус при вершині різця r=0.4 мм

ММДПБ.МТО.10.04.002	
Завдання підлягає машиннообробленню	НТУУ "ХП" ММ





### Операция 010 Багатоцільова з ЧПУ Верстат моделі HAAS VF-1, Перехід 03

Формування G-коду (Перехід 03)  
 T03 T03 M06  
 M030 S1000 F1000  
 G00 X-20.284 Y-26.284 Z10  
 G01 Z-4.5 F1000  
 G02 X-20.284 Y-26.284 R2.3  
 G01 Z-2.3  
 G02 X-20.284 Y-26.284 R2.3  
 G01 Z-1.5  
 G02 X-20.284 Y-26.284 R2.3  
 G01 Z-0.5  
 G02 X-20.284 Y-26.284 R2.3  
 G01 Z0  
 M09  
 M30

### Операция 015 Багатоцільова з ЧПУ Верстат моделі HAAS EC-400, Перехід 01

Формування G-коду (Перехід 01)  
 T01 T01 M06  
 M030 S1000 F1000  
 G00 X-20.284 Y-26.284 Z10  
 G01 Z-4.5 F1000  
 G02 X-20.284 Y-26.284 R2.3  
 G01 Z-2.3  
 G02 X-20.284 Y-26.284 R2.3  
 G01 Z-1.5  
 G02 X-20.284 Y-26.284 R2.3  
 G01 Z-0.5  
 G02 X-20.284 Y-26.284 R2.3  
 G01 Z0  
 M09  
 M30

### Перехід 07

Формування G-коду (Перехід 07)  
 T07 T07 M06  
 M030 S1000 F1000  
 G00 X-20.284 Y-26.284 Z10  
 G01 Z-4.5 F1000  
 G02 X-20.284 Y-26.284 R2.3  
 G01 Z-2.3  
 G02 X-20.284 Y-26.284 R2.3  
 G01 Z-1.5  
 G02 X-20.284 Y-26.284 R2.3  
 G01 Z-0.5  
 G02 X-20.284 Y-26.284 R2.3  
 G01 Z0  
 M09  
 M30

### Перехід 05

Формування G-коду (Перехід 05)  
 T05 T05 M06  
 M030 S1000 F1000  
 G00 X-20.284 Y-26.284 Z10  
 G01 Z-4.5 F1000  
 G02 X-20.284 Y-26.284 R2.3  
 G01 Z-2.3  
 G02 X-20.284 Y-26.284 R2.3  
 G01 Z-1.5  
 G02 X-20.284 Y-26.284 R2.3  
 G01 Z-0.5  
 G02 X-20.284 Y-26.284 R2.3  
 G01 Z0  
 M09  
 M30

### Перехід 08

Формування G-коду (Перехід 08)  
 T08 T08 M06  
 M030 S1000 F1000  
 G00 X-20.284 Y-26.284 Z10  
 G01 Z-4.5 F1000  
 G02 X-20.284 Y-26.284 R2.3  
 G01 Z-2.3  
 G02 X-20.284 Y-26.284 R2.3  
 G01 Z-1.5  
 G02 X-20.284 Y-26.284 R2.3  
 G01 Z-0.5  
 G02 X-20.284 Y-26.284 R2.3  
 G01 Z0  
 M09  
 M30

### Перехід 15

Формування G-коду (Перехід 15)  
 T15 T15 M06  
 M030 S1000 F1000  
 G00 X-20.284 Y-26.284 Z10  
 G01 Z-4.5 F1000  
 G02 X-20.284 Y-26.284 R2.3  
 G01 Z-2.3  
 G02 X-20.284 Y-26.284 R2.3  
 G01 Z-1.5  
 G02 X-20.284 Y-26.284 R2.3  
 G01 Z-0.5  
 G02 X-20.284 Y-26.284 R2.3  
 G01 Z0  
 M09  
 M30

T05	Розробник	01	-	011	388	26.8	4.26	0.31
T01	Висл. швидк.	18	0.15	15	1.05	85.1	3.99	0.58

Операция 015

T08	Виток	01	-	1	44.0	6	44.0	0.2
T07 <td>Зовнішн. <td>1 <td>-</td> <td>0.05</td> <td>16</td> <td>37.1</td> <td>2.00</td> <td>0.01</td> </td></td>	Зовнішн. <td>1 <td>-</td> <td>0.05</td> <td>16</td> <td>37.1</td> <td>2.00</td> <td>0.01</td> </td>	1 <td>-</td> <td>0.05</td> <td>16</td> <td>37.1</td> <td>2.00</td> <td>0.01</td>	-	0.05	16	37.1	2.00	0.01
T03 <td>Висл. швидк. <td>15</td> <td>0.25</td> <td>2.5</td> <td>250.5</td> <td>6.1</td> <td>80.2</td> <td>0.5</td> </td>	Висл. швидк. <td>15</td> <td>0.25</td> <td>2.5</td> <td>250.5</td> <td>6.1</td> <td>80.2</td> <td>0.5</td>	15	0.25	2.5	250.5	6.1	80.2	0.5

Операция 010

ММДПБ.МТО10.04.005								
№	Вид	Масштаб	Дата	Схем. Технол. Проект	Схем. Проект	Висл. Проект	Висл. Проект	Висл. Проект
1	Схем. Проект	1:1	15.08.10	МТ	МТ	МТ	МТ	МТ
2	Висл. Проект	1:1	15.08.10	МТ	МТ	МТ	МТ	МТ

### Верстат з ЧПУ HAAS VF-1

Схема установки заготовки

Загальний вид САМ-системи SIEMENS NX 8.5

### Операция 010 Багатоцільова на верстаті з ЧПУ

Код управління програми керування верстатом з ЧПУ

(Фрезерування площини)

```

M030 T01 M06
M030 S1000 F1000
G00 X-20.284 Y-26.284 Z10
G01 Z-4.5 F1000
G02 X-20.284 Y-26.284 R2.3
G01 Z-2.3
G02 X-20.284 Y-26.284 R2.3
G01 Z-1.5
G02 X-20.284 Y-26.284 R2.3
G01 Z-0.5
G02 X-20.284 Y-26.284 R2.3
G01 Z0
M09
M30
      
```

(Фрезерування внутр. отвору)

```

M030 T01 M06
M030 S1000 F1000
G00 X-20.284 Y-26.284 Z10
G01 Z-4.5 F1000
G02 X-20.284 Y-26.284 R2.3
G01 Z-2.3
G02 X-20.284 Y-26.284 R2.3
G01 Z-1.5
G02 X-20.284 Y-26.284 R2.3
G01 Z-0.5
G02 X-20.284 Y-26.284 R2.3
G01 Z0
M09
M30
      
```

### Перехід 1

Візуалізація оброблення

### Перехід 3

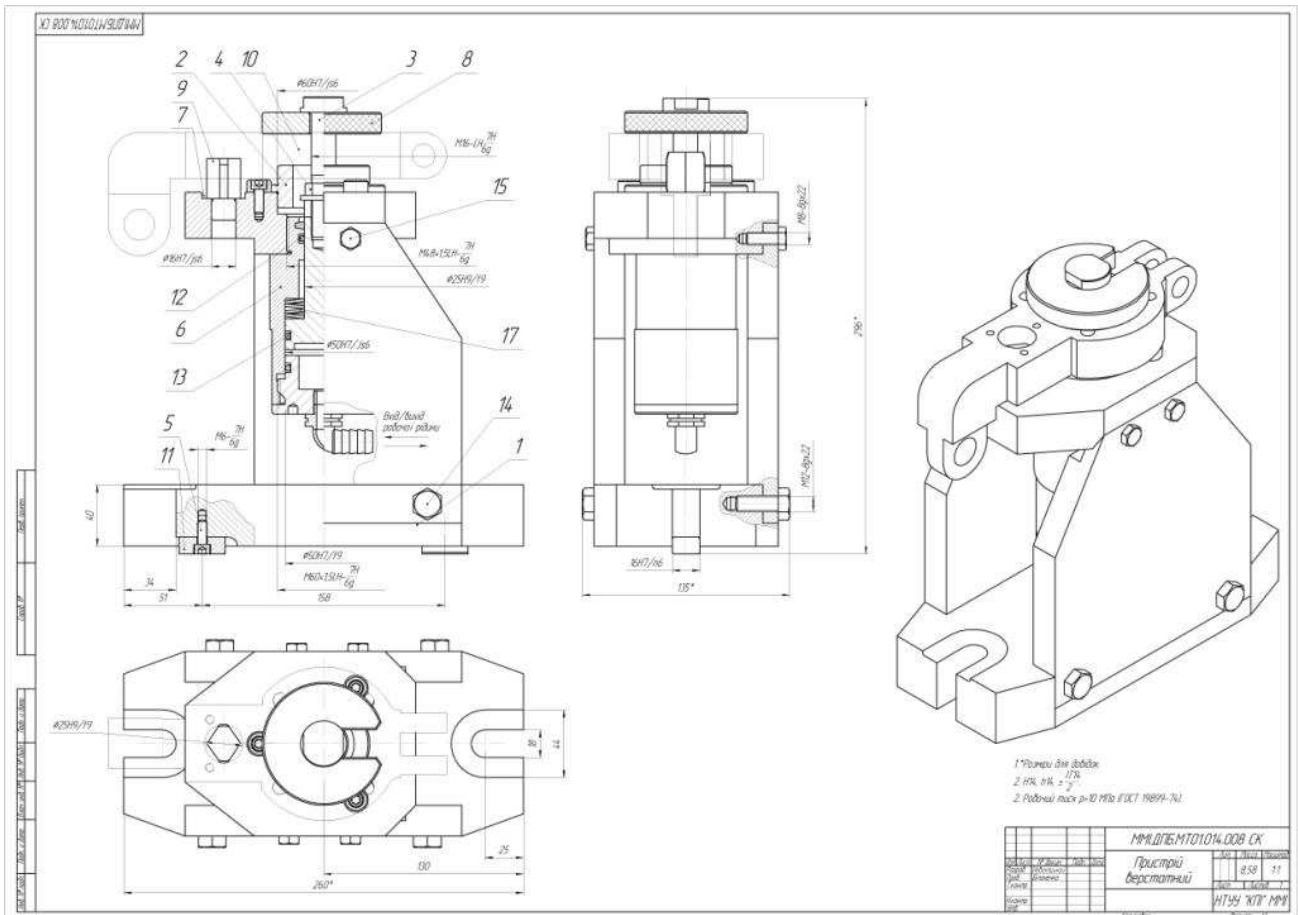
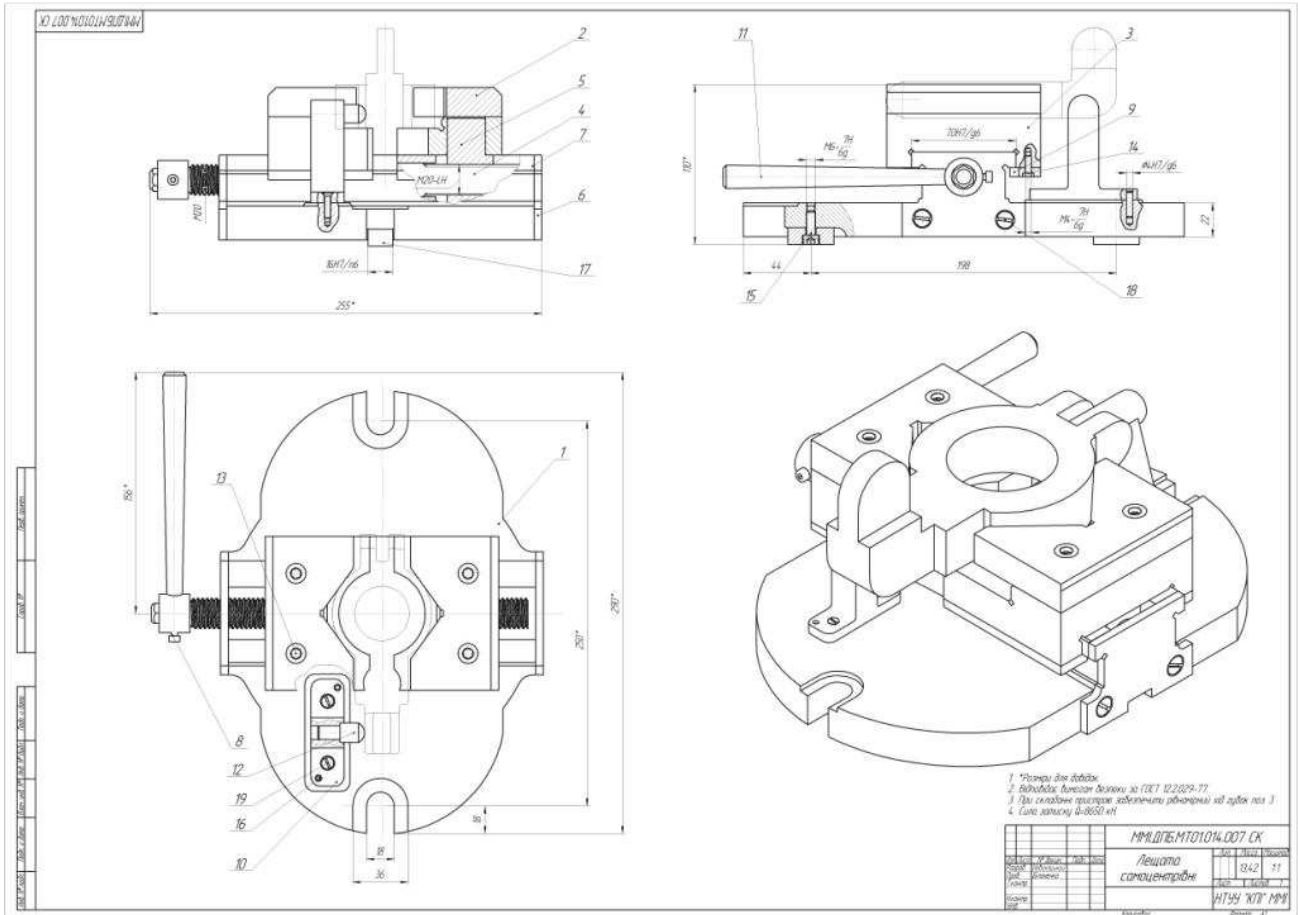
Візуалізація оброблення

### Перехід 5

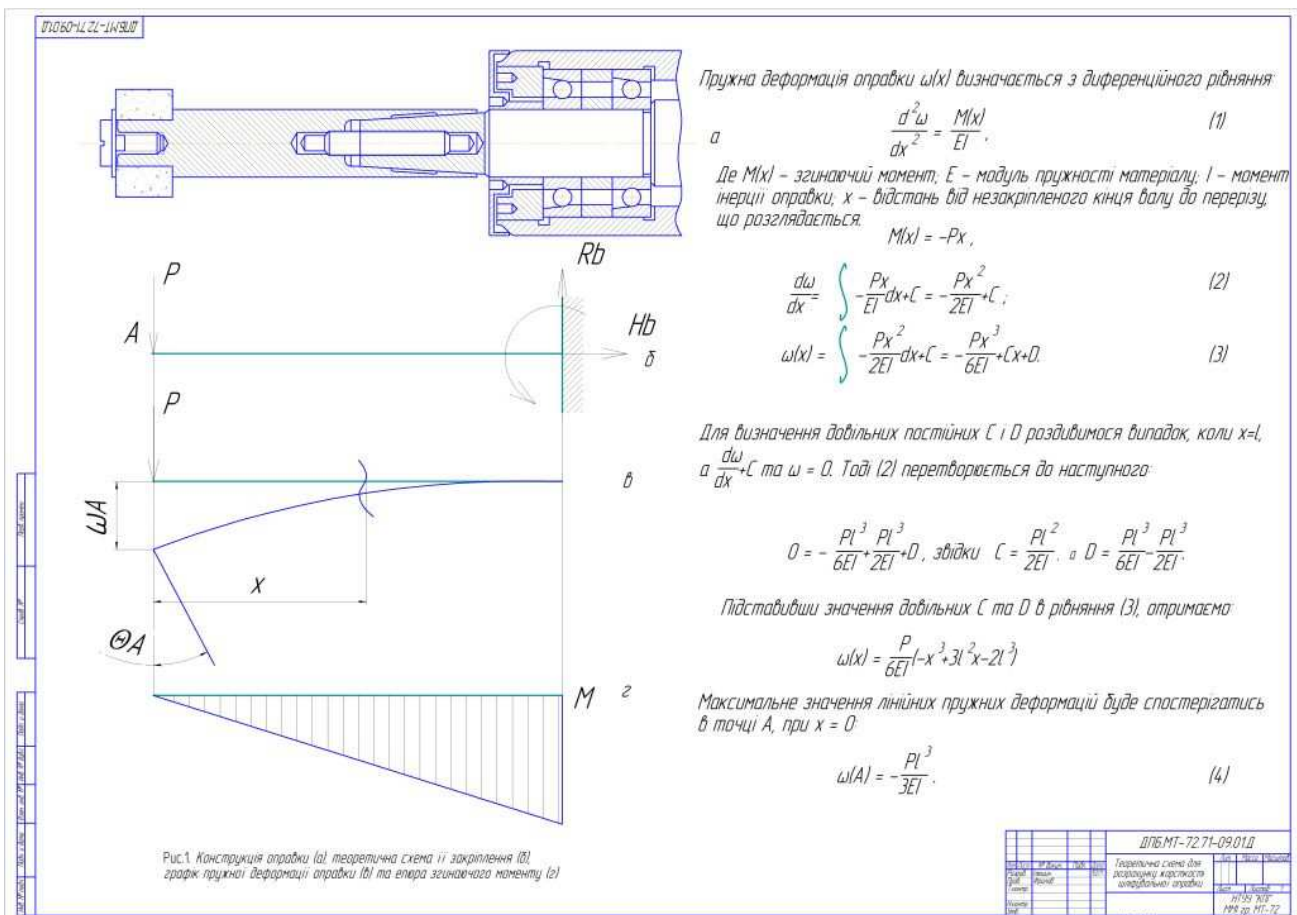
Візуалізація оброблення

Час проведення операції

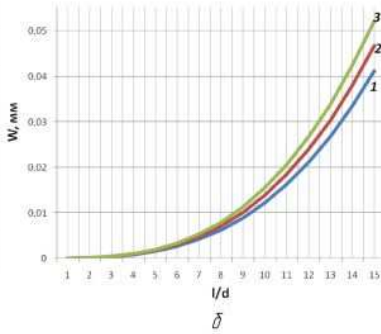
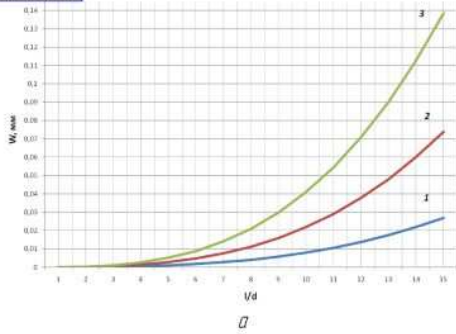
ММДПБ.МТО10.04.005								
№	Вид	Масштаб	Дата	Схем. Технол. Проект	Схем. Проект	Висл. Проект	Висл. Проект	Висл. Проект
1	Схем. Проект	1:1	15.08.10	МТ	МТ	МТ	МТ	МТ
2	Висл. Проект	1:1	15.08.10	МТ	МТ	МТ	МТ	МТ



Автор дипломного проекту  
**Л.В.Ілюшин** (захист 2011 р.)  
 Керівник проекту  
**к.т.н., доц. В.К.Фролов**







Визначення пружини шліфувальної оправки під дією радіальної складової сили різання  $R_y$ .

Для розрахунку тангенціальної складової сили різання скористаємось наступною формулою:

$$P_z = C_r \cdot V_z^{0.7} \cdot S_{поб}^{0.7} \cdot h^{0.6} \cdot k_{гс} \quad (5)$$

де  $C_r$  – коефіцієнт, що враховує умови різання та оброблюваний матеріал;  
 $V_z$  – колода швидкість заготовки, м/хв,  
 $S_{поб}$  – повздовжня подача, мм/об.заг.  
 $h$  – глибина різання, мм;

Розрахунок пружних деформації оправки виконується за формулою:

$$\omega(A) = -\frac{R_y l^3}{3EI} \quad (6)$$

де  $R_y$  – радіальна складова сили різання,  $l$  – довжина оправки,  
 $E$  – модуль пружності матеріалу оправки,  $I$  – момент інерції перерізу оправки.

Розрахунки проводилися за таких умов: матеріал заготовки – сталь 40 ( $\sigma_b=580\text{МПа}$ ), матеріал зерна шліфувального круга – електрокорунд нормальний, матеріал оправки – сталь 40Х; швидкість різання – 30 м/с.

Враховуючи, що  $C_r$  для незагартованих сталей складає 2,1, співвідношення радіальної та тангенціальної складової сили різання  $R_y=3P_z$ , отримаємо вираз для розрахунку пружних деформації шліфувальної оправки:

$$\omega(A) = -\frac{2V_z^{0.7} \cdot S_{поб}^{0.7} \cdot h^{0.6} \cdot l^3}{3EI} \quad (7)$$

Таблиця 1. Порівняння величин радіальної деформації шліфувальної оправки з допусками на діаметральні розміри отворів  $\phi 16-65$  мм

Квалітет	Величина поля допуску, мм	Максимальна величина радіальної деформації оправки, мм
IT6	0,009-0,020	0,05 - 0,015
IT7	0,021-0,030	

ДТБ.МТ-72.71-09.02.В		Лист	№
Код документа	ДТБ.МТ-72.71-09.02.В	1	1
Назва документа	Аналіз вимог стандарту допусків на діаметральні розміри отворів шліфувальної оправки при обробці отворів	Лист	№
Дата виходу документа	19.05.2017	Лист	№
Вид документа	МРБ до МТ-72	Лист	№
Місце виходу документа	Київ	Лист	№

Рис.2. Графіки залежності максимальної радіальної деформації оправки  $W$  від співвідношення довжини оправки  $l$  до її діаметру  $d$  при:

а – постійних  $S_{поб} = 12$  мм/об.заг.,  $V_z = 25$  м/хв,  $l-h = 0,005$  мм,  $2-h = 0,01$  мм,  $3-h = 0,015$  мм;  
 б – постійних  $h = 0,01$  мм,  $V_z = 25$  м/хв,  $l-h = 0,005$  мм,  $2-h = 0,01$  мм,  $3-h = 0,015$  мм;  
 в – постійних  $h = 0,01$  мм,  $S_{поб} = 10$  мм/об.заг.,  $l-h = 0,005$  мм,  $2-h = 0,01$  мм,  $3-h = 0,015$  мм.

Розрахунок кутової деформації оправки

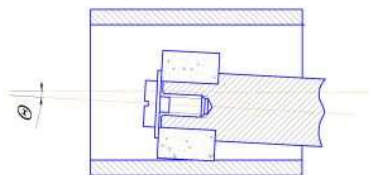
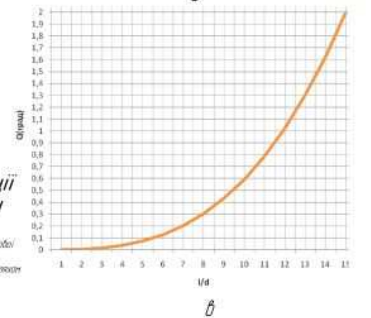
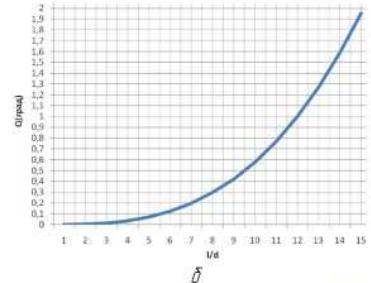
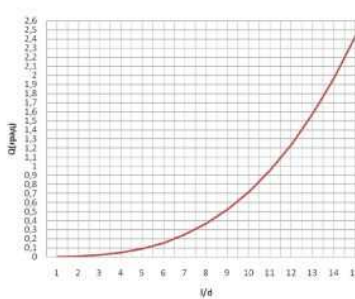


Рис.3. Кутова пружна деформація шліфувальної оправки при обробленні отворів

Кутова пружна деформація оправки в точці А визначається з рівняння:

$$\theta(A) = \frac{d\omega}{dx} = \frac{R_y l^2}{2EI} \quad (8)$$

де  $R_y$  – радіальна складова сили різання,  $l$  – довжина оправки,  
 $E$  – модуль пружності матеріалу оправки,  $I$  – момент інерції перерізу оправки.



Спосіб управління положенням осі шліфувального круга при внутрішньому шліфуванні палочних отворів малого діаметру

(аналіз виконавцю до патенту 96114644/02)

Патентований спосіб управління положенням осі шліфувального круга при внутрішньому шліфуванні палочних отворів малого діаметру здійснюється тим, що для розташування осі шліфування на кут підвішування круга до паралельної поверхні кут підвішування регулюється за допомогою радіальної складової сили різання. При цьому обертання підвішування круга спост. паралельно поверхні підвішування здійснюється за допомогою шліфувального круга.

Для реалізації даного способу використовують виготовлені відповідно до вимоги малюнка підвішування АМР, які дозволяють управління положенням осі розташування круга 10% від радіальної зазор між ступицею і розпором практично без змінної жорсткості опори. При цьому між ступицею і розпором діаметр 0,2 мм нижче інтегрує розпор в радіальному напрямку на величину 0,02 мм для досягнення для управління безпечною спосібом (рис. 5).

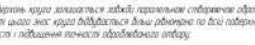


Рис.5. Зміщення розпору за допомогою АМР

Після підвішування круга здійснюється забор. паралельно поверхні оброблюваного отвору (рис. 6). В результаті цього між кругом відбувається його діаметром по всій поверхні, що приводить до підвищення його стійкості і підвищення точності оброблюваного отвору.

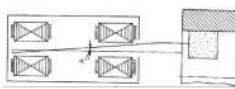


Рис.6. Управління віссю шліфувального круга

Спосіб компенсації кутової деформації шліфувальної оправки шляхом пружки шліфувального круга

Для виконання даного способу дозволяється підхід спосіб компенсації кутової деформації оправки шляхом пружки шліфувального круга. Для цього паралельність шліфувального круга до оброблюваної поверхні у цьому напрямку досягається шляхом пружки інструменту (рис. 7).

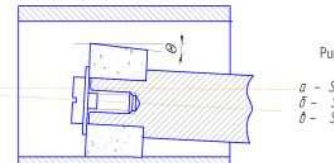


Рис.7. Спосіб досягнення паралельності поверхні шліфувального круга до оброблюваної поверхні

Даний спосіб передбачає попередній розрахунок величини кутової деформації оправки і підвішування круга на відповідний кут. Він є дуже простий у реалізації і може бути легкою впроваджений при обробці палочних отворів на практиці.

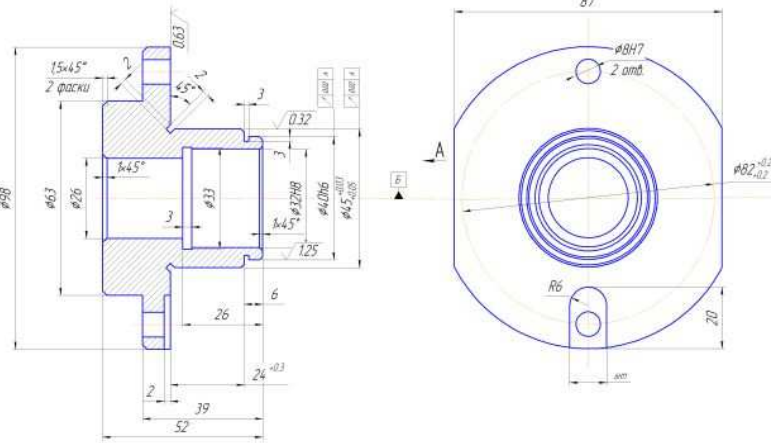
Рис.4. Графіки залежності максимальної кутової деформації оправки  $\theta$  від співвідношення довжини оправки  $l$  до її діаметру  $d$  при:

а –  $S_{поб} = 12$  мм/об.заг.,  $V_z = 25$  м/хв,  $h = 0,015$  мм (максимальна);  
 б –  $S_{поб} = 14$  мм/об.заг., (максимальна)  $V_z = 25$  м/хв,  $h = 0,01$  мм  
 в –  $S_{поб} = 12$  мм/об.заг.,  $V_z = 30$  м/хв., (максимальна)  $h = 0,01$  мм

ДТБ.МТ-72.71-09.03.В		Лист	№
Код документа	ДТБ.МТ-72.71-09.03.В	1	1
Назва документа	Аналіз вимог стандарту допусків на діаметральні розміри отворів шліфувальної оправки при обробці отворів	Лист	№
Дата виходу документа	19.05.2017	Лист	№
Вид документа	МРБ до МТ-72	Лист	№
Місце виходу документа	Київ	Лист	№

У1066-121-1W90.К

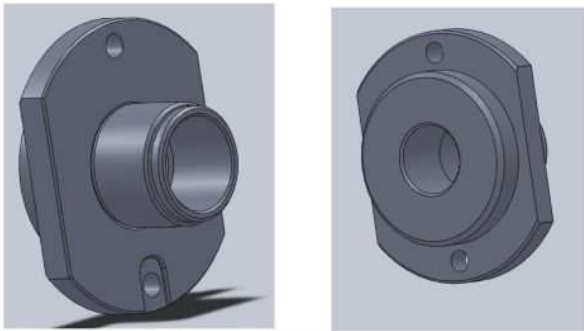
Креслення деталі



3-D модель заготовки



3-D модель деталі

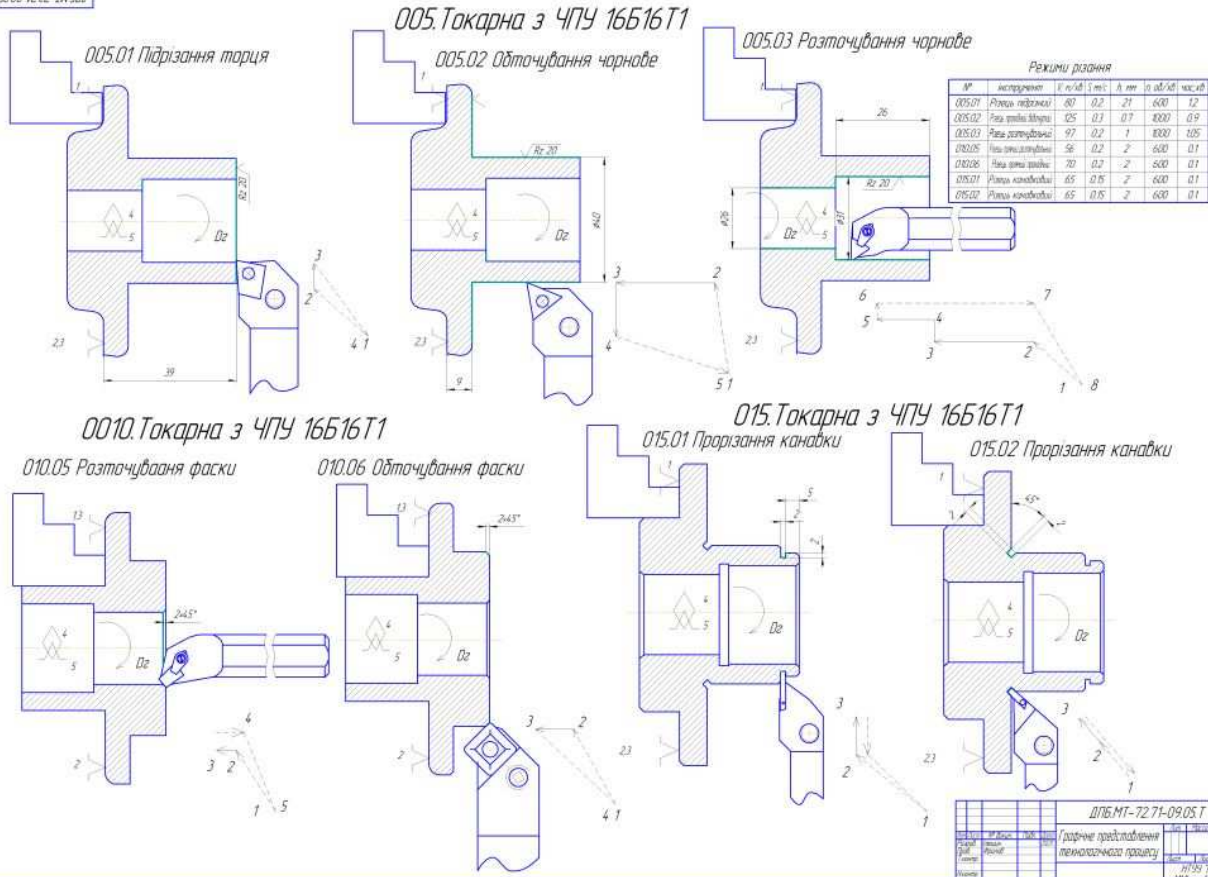


Фізико-механічні характеристики матеріалу

Матеріал	Границя міцності при розтягу МС/мм <sup>2</sup>	Границя міцності при стиску МС/мм <sup>2</sup>	Твердість НВ
С421 ГОСТ 14-85	12	48	143-229

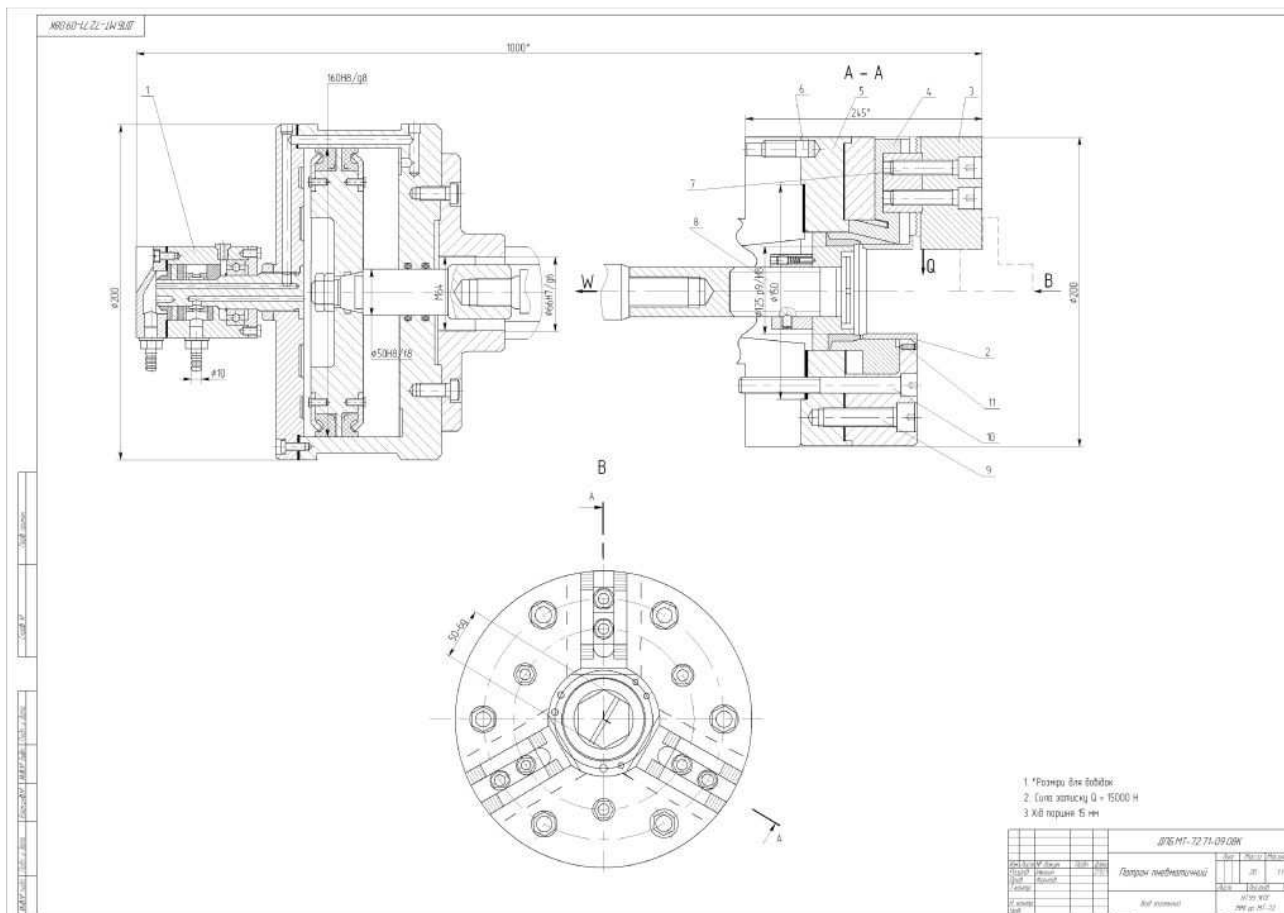
ДІБ МТ-72.71-09.04.К			
№	Матеріал	Вид	Відсоток
1	Сталь	С421	100
Втулка			
С421 ГОСТ 14-85			
МТБ 72.71-09.04.К			

У1066-121-1W90.Т





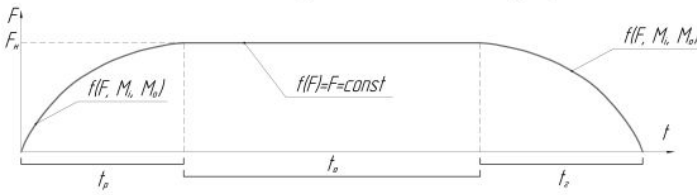




Автор дипломного проекту  
**А.І.Зелінко** (захист 2014 р.)  
 Керівник проекту  
**к.т.н., доц. В.М.Кореньков**



# Визначення часу виконання управляючої програми



час і-переходу у загальному вигляді:

$$t_i = t_p + t_o + t_z$$

$$t_i = \frac{\pi J F}{10i(M_n - M_i - M_o)} + \frac{60(l_i - l_p - l_z)}{F} + \frac{\pi J F}{10i(M_n - M_i + M_o)}$$

Визначення швидкості по відповідній осі

$$F^2 = F_x^2 + F_y^2 + F_z^2$$

$$F_z = F \sin(\alpha) \quad F_x = F \cos(\alpha) \cos(\beta) \quad F_y = F \cos(\alpha) \sin(\beta)$$

$$\cos^2(\alpha) = \frac{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2}$$

$$\cos^2(\beta) = \frac{(x_2 - x_1)^2}{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

$$\sin^2(x) = 1 - \cos^2(x)$$

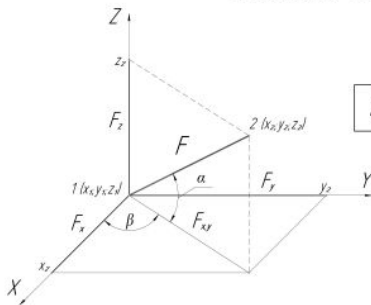
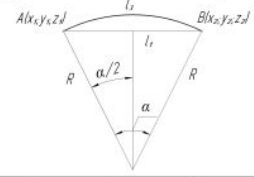


Схема розподілення швидкості



довжина прямої:  $l_{np}^2 = (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2$

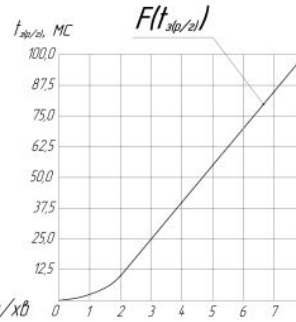
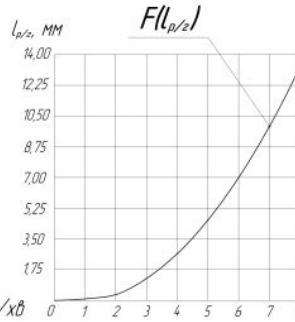
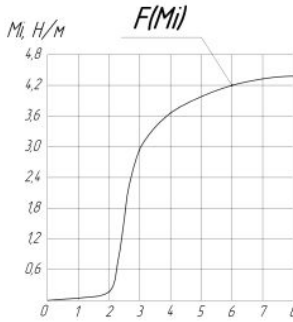
довжина дуги:  $l_a = 2R \arcsin \frac{R}{2l_{np}}$

Позначення:

- \$t\_i\$ - час і-го переходу (с);
- \$t\_p\$ - час розгону (с);
- \$t\_o\$ - час рівномірного руху (с);
- \$t\_z\$ - час гальмування (с);
- \$l\_i\$ - довжина пройденої ділянки (мм);
- \$F\$ - подача (мм/хв);
- \$T\_n\$ - електромеханічна стала двигуна (с);
- \$J\$ - момент інерції обертання двигуна (кг/м<sup>2</sup>);
- \$\omega\$ - кутова швидкість двигуна (об/хв);
- \$M\_o\$ - пусковий момент двигуна (Н/м);
- \$M\_{кпр}\$ - момент інерції робочого органу по осі \$x, y\$ або \$z\$ (Н/м);
- \$M\_p\$ - момент сили різання (Н/м);
- \$p\_z\$ - частота обертання двигуна (об/хв);
- \$F\_{кпр}\$ - подача по відповідній осі двигуна \$x, y\$ або \$z\$ (мм/хв);
- \$i\$ - передаточне відношення черв'ячної передачі двигун-робочий орган (мм/об);
- \$P\_r\$ - головна складова сили різання (Н);
- \$D\$ - діаметр інструменту (мм);
- \$r\$ - радіус сили різання (мм);
- \$h\$ - площа зрізаного шару (мм<sup>2</sup>/об);
- \$H\_V\$ - твердість матеріалу заготовки за Брінеллем (Н/тл);
- \$h\$ - глибина різання (мм);
- \$F\_o\$ - подача (мм/об);
- \$n\$ - кількість технологічних переходів.

ДП/ММ/Т02.2014.001									
№	№	№	№	№	№	№	№	№	№
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

# Експериментальні дані, верстат з ЧПУ HAAS VF3

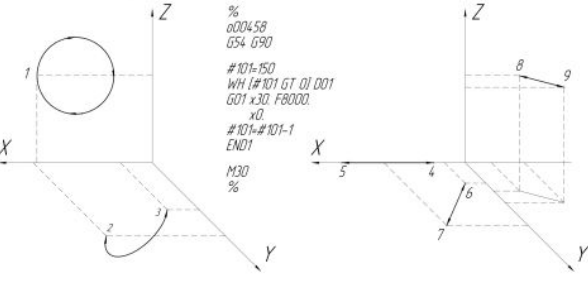


від \$F=2\$ м/хв:  
 \$F+1\$ м/хв  
 ↓  
 \$t\_{zp/z} + 15\$ мс  
 при \$F=18\$ м/хв  
 \$t\_{zp/z} = 0,25\$ с

при \$F=const\$  
 \$t\_{zp/z}=const\$

Подача, м/хв	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5
Геометричний час*, с	103	80	65	55	48
Час розрахований програмно, с	115	98	90	86	84
Дійсний час, с	116	99	91	87	85

час розгону/гальмування не залежить від траєкторії



## Парсер

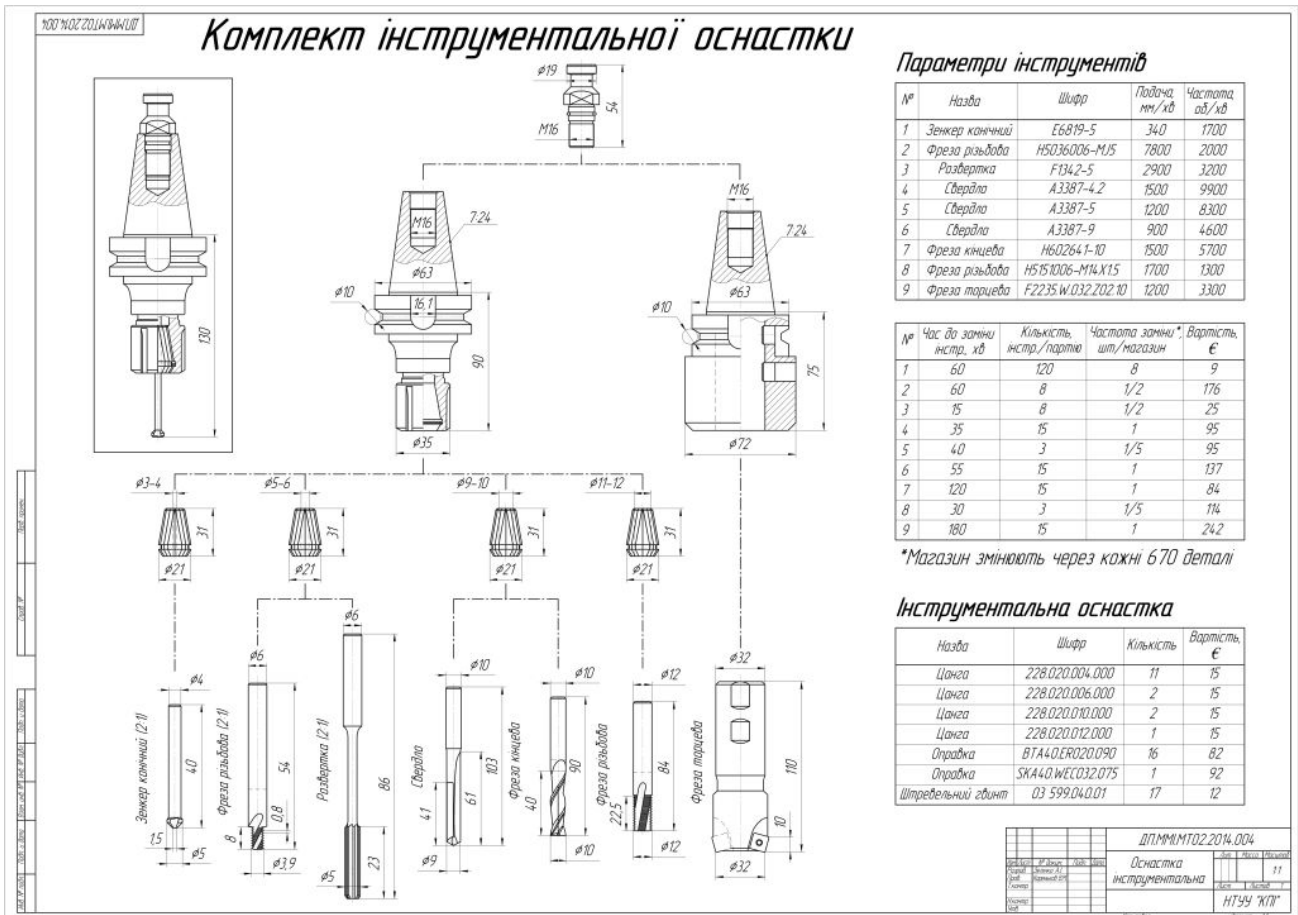
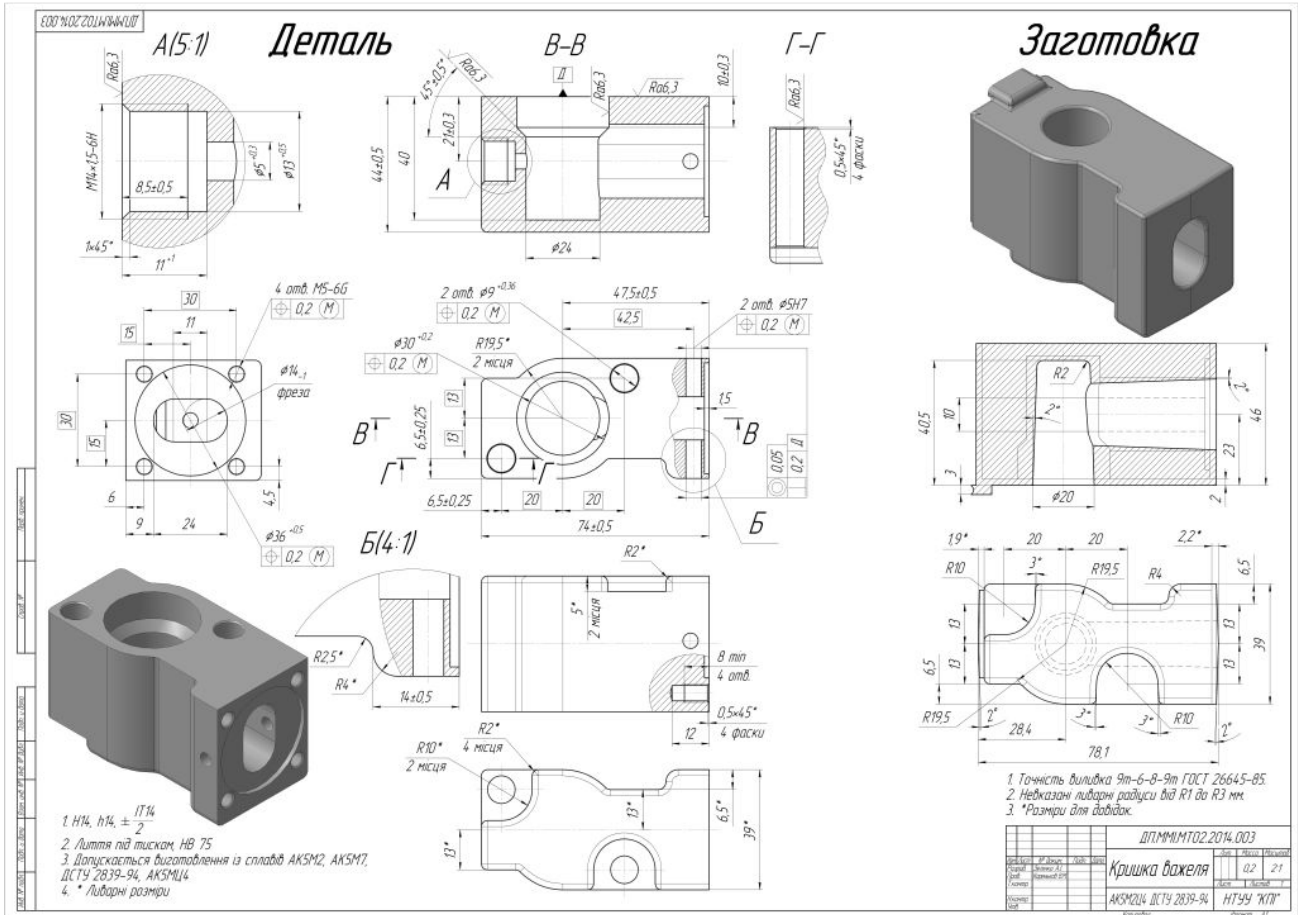
Управляюча програма

```
G00 X2.687 Y4.3302 Z15.;
G01 Z6.35 F1800. S12000.;
G01 X32.035 Y16.685.;
G01 X32.409 Y16.296.;
G03 X38.03 Y10.966 R14.;
G03 X4.2968 Y11.777 R5.345.;
X39.56 Y21.378 R15.891.;
X20.635 Y36.104 R39.;
X2.733 Y42.947 R98.578.;
G02 X-7.27 Y64.263 R224.2.;
X2.712 Y72.657 R9.192.;
G01 X29.927 Y67.933.;
G02 X36.328 Y71.992 R8.995.;
G01 X42.497 Y53.219 F635. S7000.;
G02 X44.779 Y51.121 R9.;
X66.151 Y19.979 R47.762.;
X70.797 Y2.864 R24.342.;
X77.933 Y-4.05 R7.;
G01 X77.915 Y-12.999.;
```

Відфільтрований масив даних

```
G00 2.687 4.3302 15. 0 -53. 0 240. 6500. 6000
G01 2.687 4.3302 6.35 0 -53. 0 240. 1300. 12000
G01 32.035 16.685 6.35 0 -53. 0 240. 1300. 12000
G01 32.409 16.296 6.35 0 -53. 0 240. 1300. 12000
G03 38.03 10.966 6.35 0 -53. 0 14. 1300. 12000
G03 4.2968 11.777 6.35 0 -53. 0 5.345 1300. 12000
G03 39.56 21.378 6.35 0 -53. 0 15.891 1300. 12000
G03 20.635 36.104 6.35 0 -53. 0 39. 1300. 12000
G03 2.733 42.947 6.35 0 -53. 0 98.578 1300. 12000
G02 -7.27 64.263 6.35 0 -53. 0 224.2 1300. 12000
G02 2.712 72.657 6.35 0 -53. 0 9.192 1300. 12000
G01 29.927 67.933 6.35 0 -53. 0 9.992 1300. 12000
G02 36.328 71.992 6.35 0 -53. 0 8.995 1300. 12000
G01 42.497 53.219 6.35 0 -53. 0 8.995 1300. 12000
G01 44.779 51.121 6.35 0 -53. 0 8.995 800. 7000
G02 44.779 51.121 6.35 0 -53. 0 9. 800. 7000
G02 66.151 19.979 6.35 0 -53. 0 47.762 800. 7000
G02 70.797 2.864 6.35 0 -53. 0 24.342 800. 7000
G02 77.933 -4.05 6.35 0 -53. 0 7. 800. 7000
```

ДП/ММ/Т02.2014.002									
№	№	№	№	№	№	№	№	№	№
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20



005

## Операція 005. Багатоцільова з ЧПУ. Верстат HAAS VF1

### Операційний технологічний процес

005.01 Фрезерувати плоску поверхню, витримуючи розмір 1;

005.02 Фрезерувати послідовно дві внутрішні циліндричні поверхні, витримуючи розміри 2, 3, 4, 5;

005.03 Свердлити два отвори, витримуючи розміри 6, 17, 8);

005.04 Зенкерувати послідовно три фаски, витримуючи розміри 9, 11, 10, 13, 4);

005.05 Зенкерувати дві фаски, витримуючи розміри 10, 17);

Повернути робочу частину поворотного столу навколо осі А на 90° за годинниковою стрілкою

005.06 Фрезерувати плоску поверхню, витримуючи розмір 11;

005.07 Фрезерувати послідовно внутрішні циліндричні поверхні, витримуючи розміри 12, 13, 14, 15, 16;

005.08 Свердлити чотири глухі отвори, витримуючи розміри 19, 20, 21);

005.09 Нарізати чотири різьби, витримуючи розміри 19', 22, 120);

005.10 Зенкерувати чотири фаски, витримуючи розміри 23, 120);

Повернути робочу частину поворотного столу навколо осі А на 180° проти годинникової стрілки

005.11 Фрезерувати плоску поверхню, витримуючи розмір 24;

005.12 Фрезерувати внутрішню циліндричну поверхню, витримуючи розміри 25, 26;

005.13 Свердлити отвір, витримуючи розміри 27, 28);

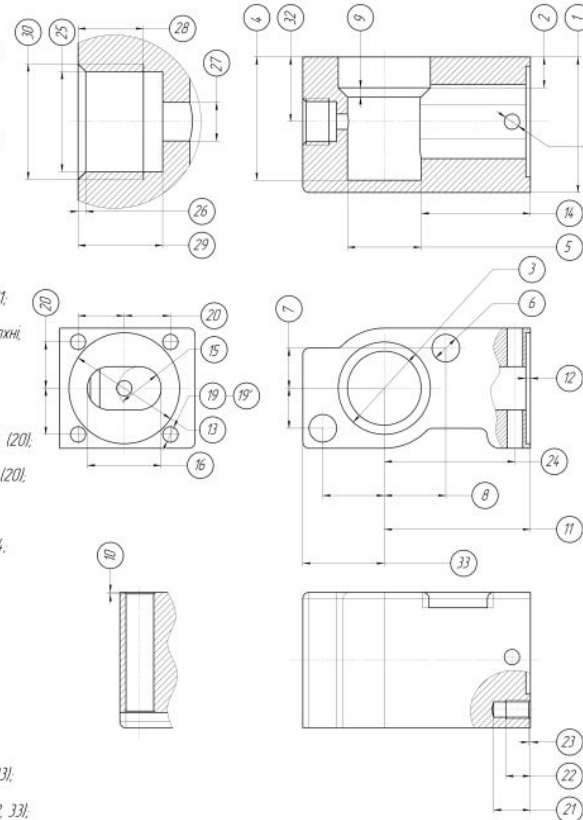
005.14 Фрезерувати різьбу, витримуючи розмір 29, 30);

005.15 Зенкерувати фаску, витримуючи розміри 26, 130);

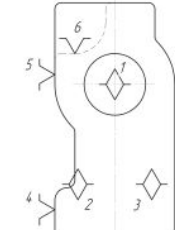
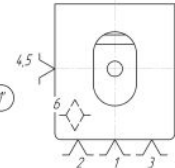
Повернути робочу частину поворотного столу навколо осі В на 90° за годинниковою стрілкою

005.16 Свердлити два отвори, витримуючи розміри 31, 32, 33);

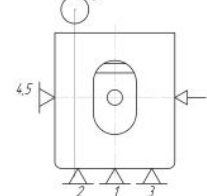
005.17 Розвертати два отвори, витримуючи розміри 31', 32, 33);



### Схема базування



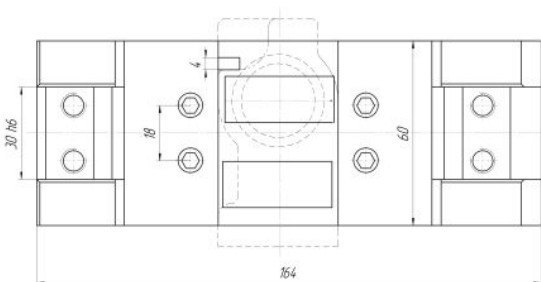
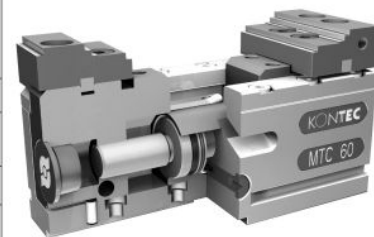
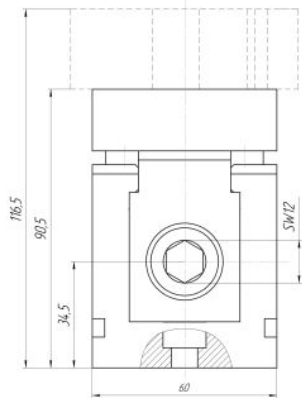
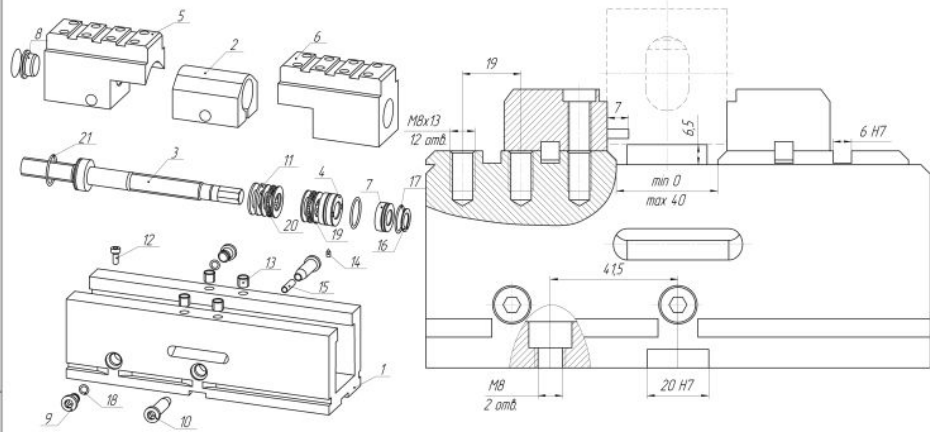
### Схема закріплення



ДПММ/МТО2.2014.005		Лист	Кількість	Всього
Склад	Матеріал	№	11	
Група	Група	№	11	
Назва	Назва	№	11	
Матеріал	Матеріал	№	11	
Код	Код	№	11	

005

## Лещата Schunk Kontec MTC 60 для оснащення операції 005



### Доцільність поворотного столу

	з TR110	без TR110
Час, хв	3,48	4,98
Вартість €/шт	3,69	4,43

### Технічні вимоги

Сила затиску Н	1992
Сила на рукоятці ключа Н	50
Паралельність губок мм	0,005
Перпендикулярність губок мм	0,002

ДПММ/МТО2.2014.006		Лист	Кількість	Всього
Склад	Матеріал	№	45	11
Група	Група	№	11	
Назва	Назва	№	11	
Код	Код	№	11	

# Операція 015. Контрольна

## Вимірювання розмірів вручну



Область вимірювання, мм Похибка, мм Ціна, €  
0-100 0,03 34,9  
Розміри, що вимірюються - гадарити, вулрит



Область вимірювання, мм Похибка, мм Ціна, €  
0-30 0,005 716  
Розміри, що вимірюються 3, 4, 20, 32



Область вимірювання, мм Похибка, мм Ціна, €  
10-160 0,01 375  
Розміри, що вимірюються 6, 8, 13, 16, 25



Область вимірювання, мм Похибка, мм Ціна, €  
8-10 0,004 905  
Розміри, що вимірюються 2



Область вимірювання, мм Похибка, мм Ціна, €  
0-150 0,02 1375  
Розміри, що вимірюються 7, 12, 26



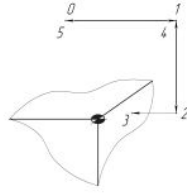
Область вимірювання, мм Похибка, мм Ціна, €  
6G, 6H 0,001 15,9  
Розміри, що вимірюються 19, 30



Область вимірювання, мм Похибка, мм Ціна, €  
5,0-5,012 0,001 14,9  
Розміри, що вимірюються 31

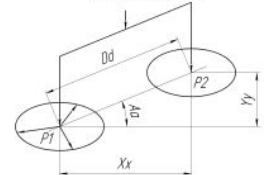
## Вимірювання розмірів на верстаті

### Вимірювання положення поверхні

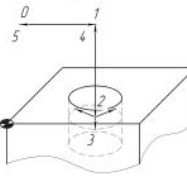


T20 M06  
G4.3 H20  
G65 P9810 x1 y1 F5000.  
Z2  
G65 P9811 x3 T10. F500.  
P9810 z4.  
x5 y5

### Вимірювання взаємного розташування



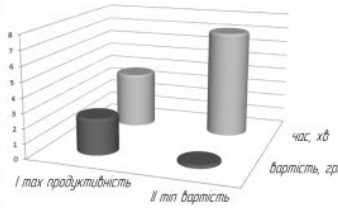
### Вимірювання положення/діаметр отвору



T20 M06  
G4.3 H20  
G65 P9832 x1 y1 F5000.  
Z2  
G65 P9823 D1. A30. B150. C-90. S1 F500.  
P9810 z4.  
x5 y5  
G9833



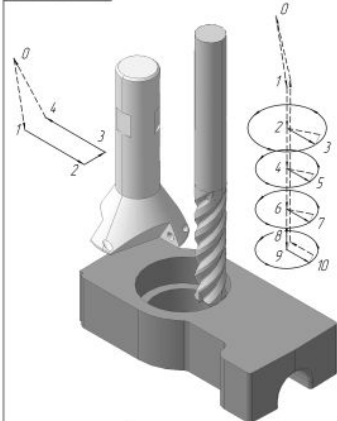
## Порівняння часу та вартості вимірювання ручним та машинним способом



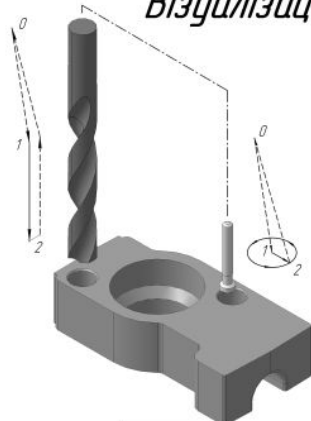
	I тах продуктивність		
	верстат	робітник	Σ
Час, хв	2,20	155	3,75
Вартість, грн	2,33	0,10	2,43
	II тип вартість		
	верстат	робітник	Σ
Час, хв	-	7,15	7,15
Вартість, грн	-	0,21	0,21

ДПМЧМТ02.2014.007			
№	Місяць	Рік	Всього
11	11		
Оснастка вимірювальна			
НТУУ "КПІ"			

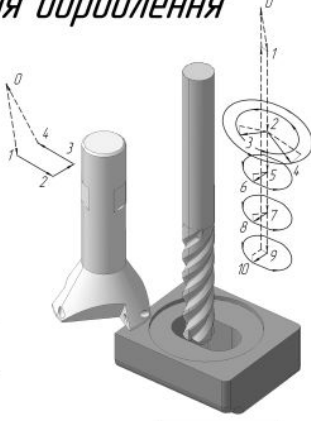
# Візуалізація оброблення



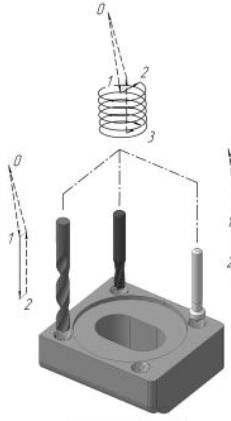
Перехід 01\_02



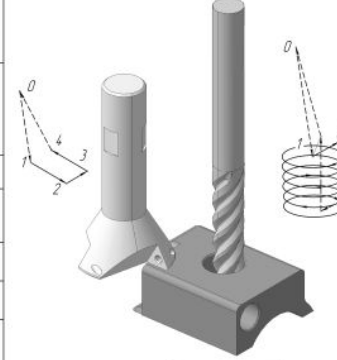
Перехід 03\_05



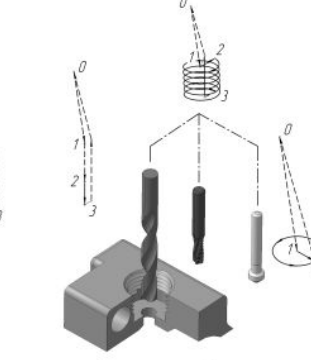
Перехід 06\_07



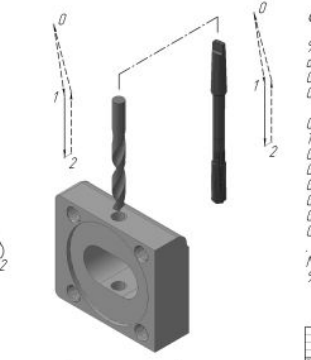
Перехід 08\_10



Перехід 11\_12



Перехід 13\_15



Перехід 16\_17

### Фрагмент управляючої програми

```

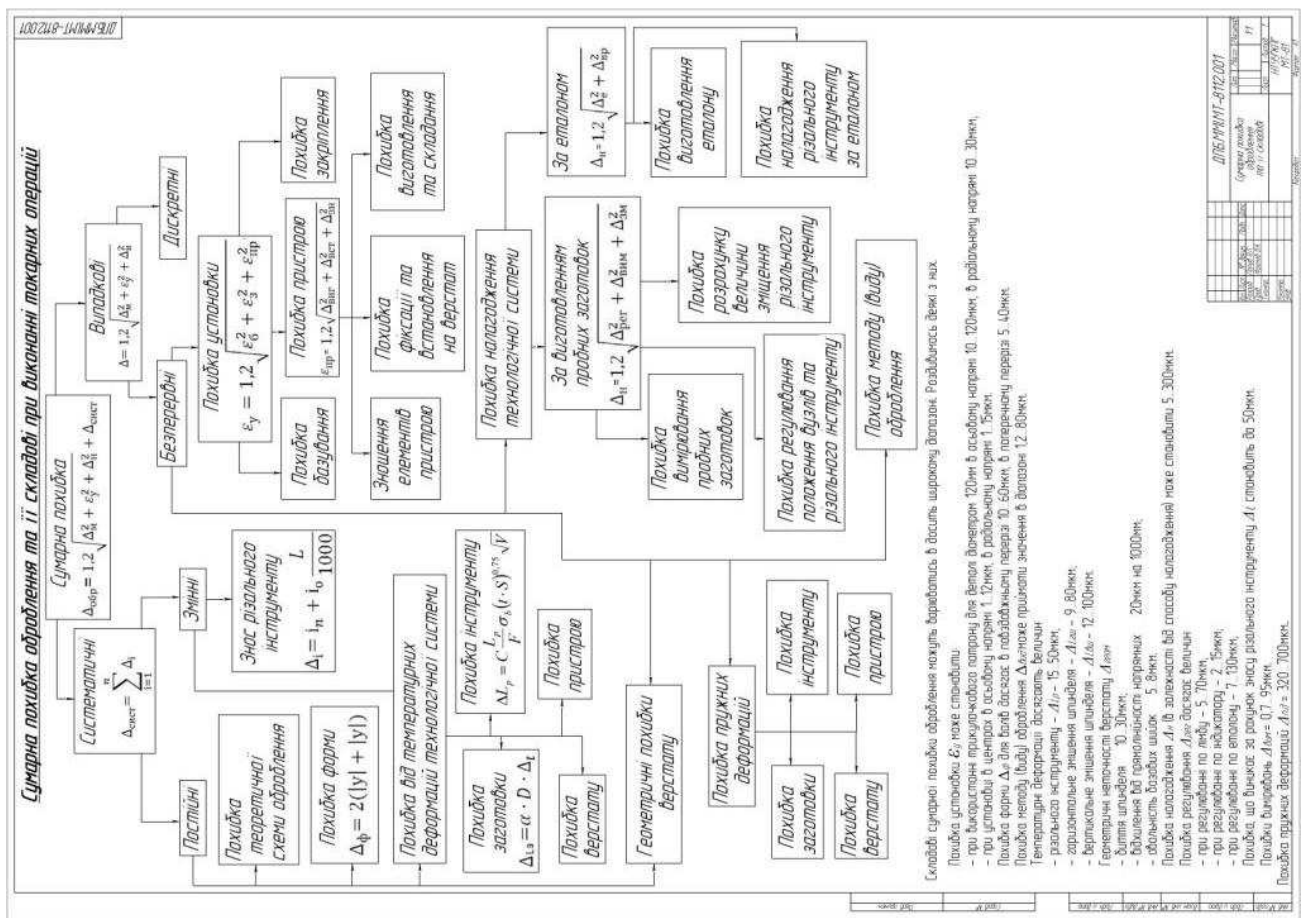
%
a00911
G40 G80
G90 G17

G54
T09 M6
G43 H09
G00 X-15 Y-45 Z0
G01 Y65 M03 F1200 S3300
G00 X15
G01 Y-45
G00 Z50 M05

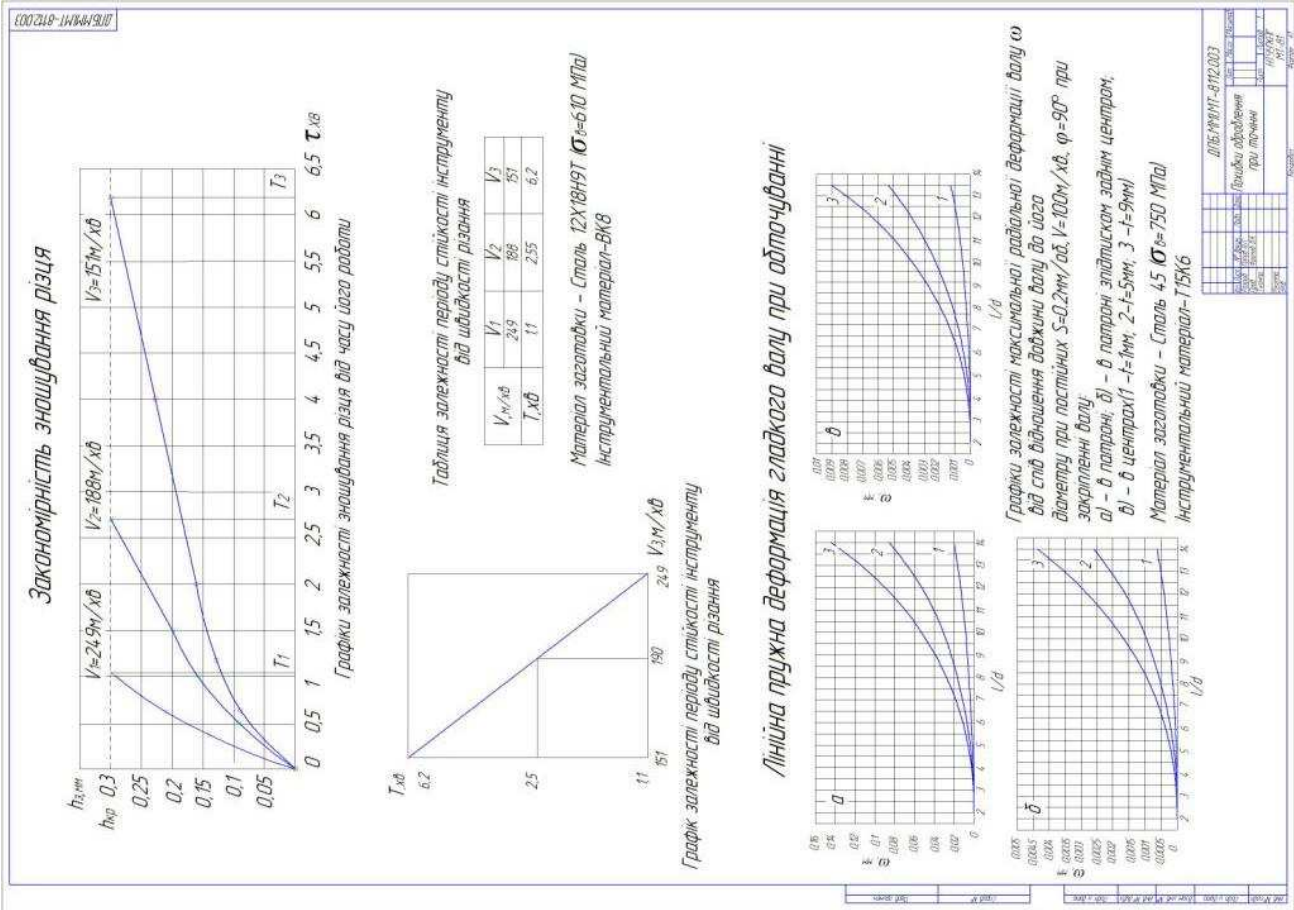
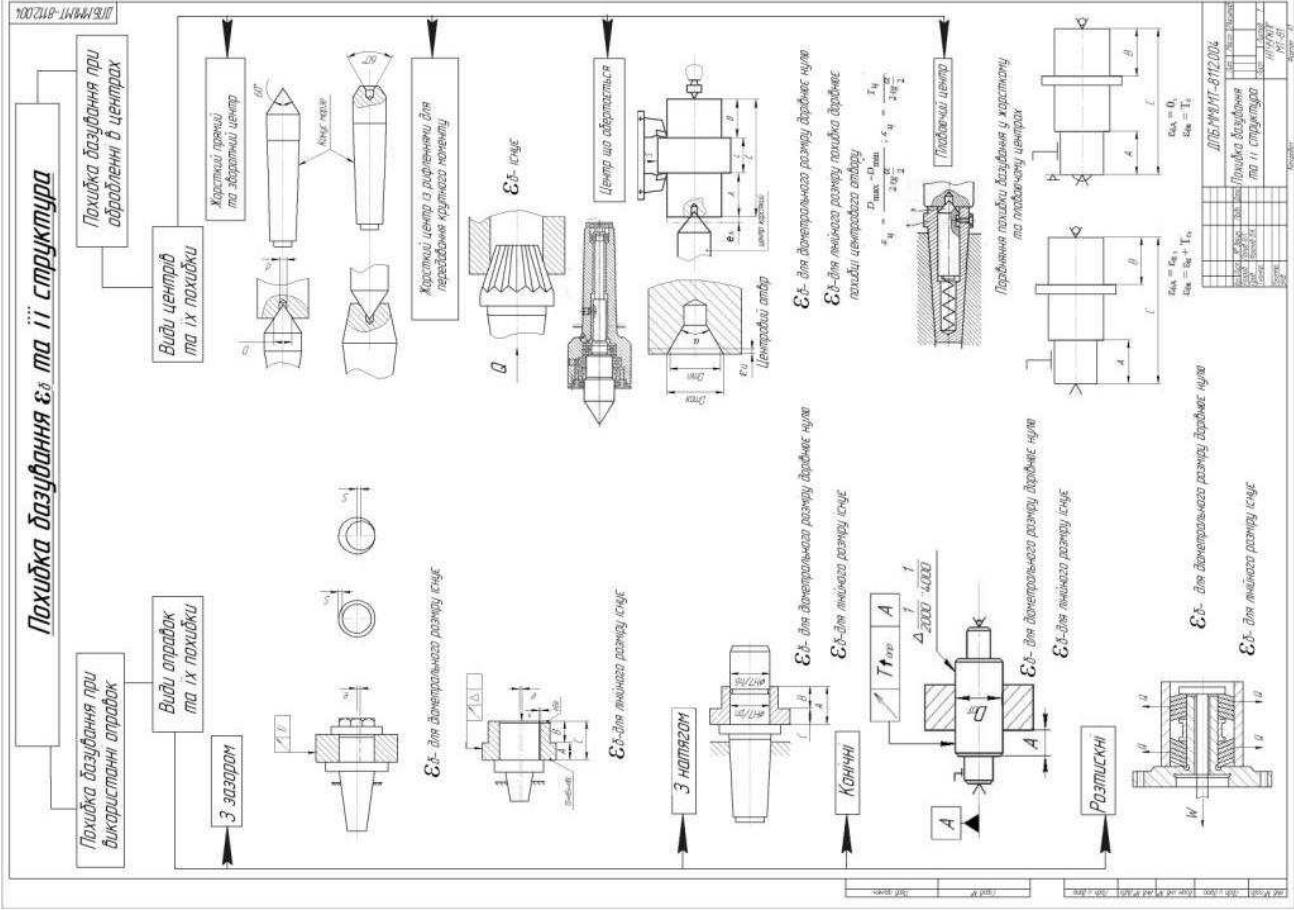
M30
%
```

ДПМЧМТ02.2014.008			
№	Місяць	Рік	Всього
11	11		
Візуалізація оброблення			
НТУУ "КПІ"			

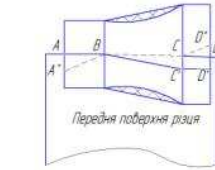
# Автор дипломного проекту В.П.Попов (захист 2012 р.) Керівник проекту к.т.н., доц. В.К.Фролов



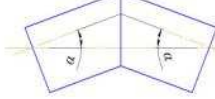




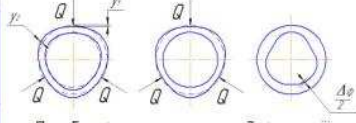
### Схеми утворення похибок оброблення при токарних операціях



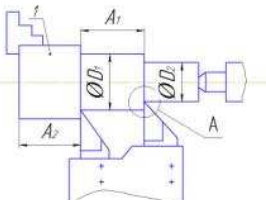
Утворення теоретичної похибки оброблення



Вплив биття переднього центру на похибку оброблення при обточуванні за два установи;

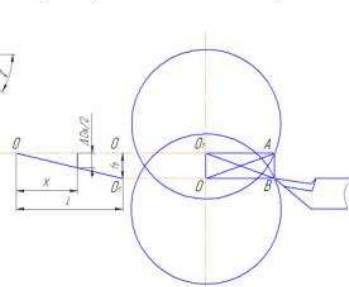


Похибка форми за рахунок деформації кільця при закріпленні

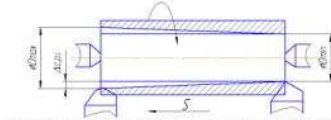


Налагодження багаторізецевого токарного напівавтомату на оброблення ступінчастого валу

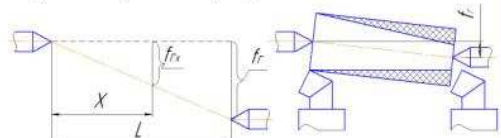
1-за еталонам



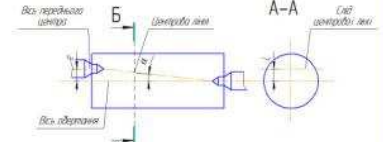
Похибка що виникає при зміщенні осей передньої та задньої бабок у вертикальній площині



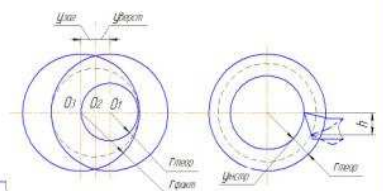
Вплив зношування різального інструменту на точність оброблення



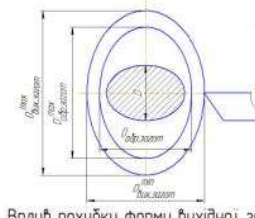
Утворення похибок внаслідок зміщення осей передньої та задньої бабок у горизонтальній площині



Вплив биття переднього центру на похибку оброблення при обточуванні за один установ

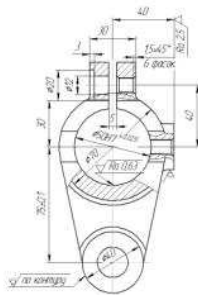
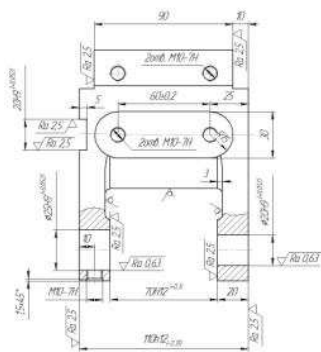


Вплив пружних відтискань на форми оброблюваної заготовки

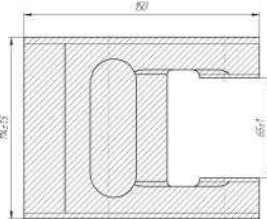
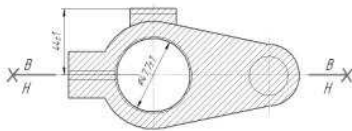


Вплив похибки форми вихідної заготовки на похибку форми обробленої деталі

ДПБ/ММ/МТ-8112.002		№	Вид	Місце
№	Вид	№	Вид	Місце
№	Вид	№	Вид	Місце
№	Вид	№	Вид	Місце
№	Вид	№	Вид	Місце
№	Вид	№	Вид	Місце
№	Вид	№	Вид	Місце
№	Вид	№	Вид	Місце
№	Вид	№	Вид	Місце
№	Вид	№	Вид	Місце



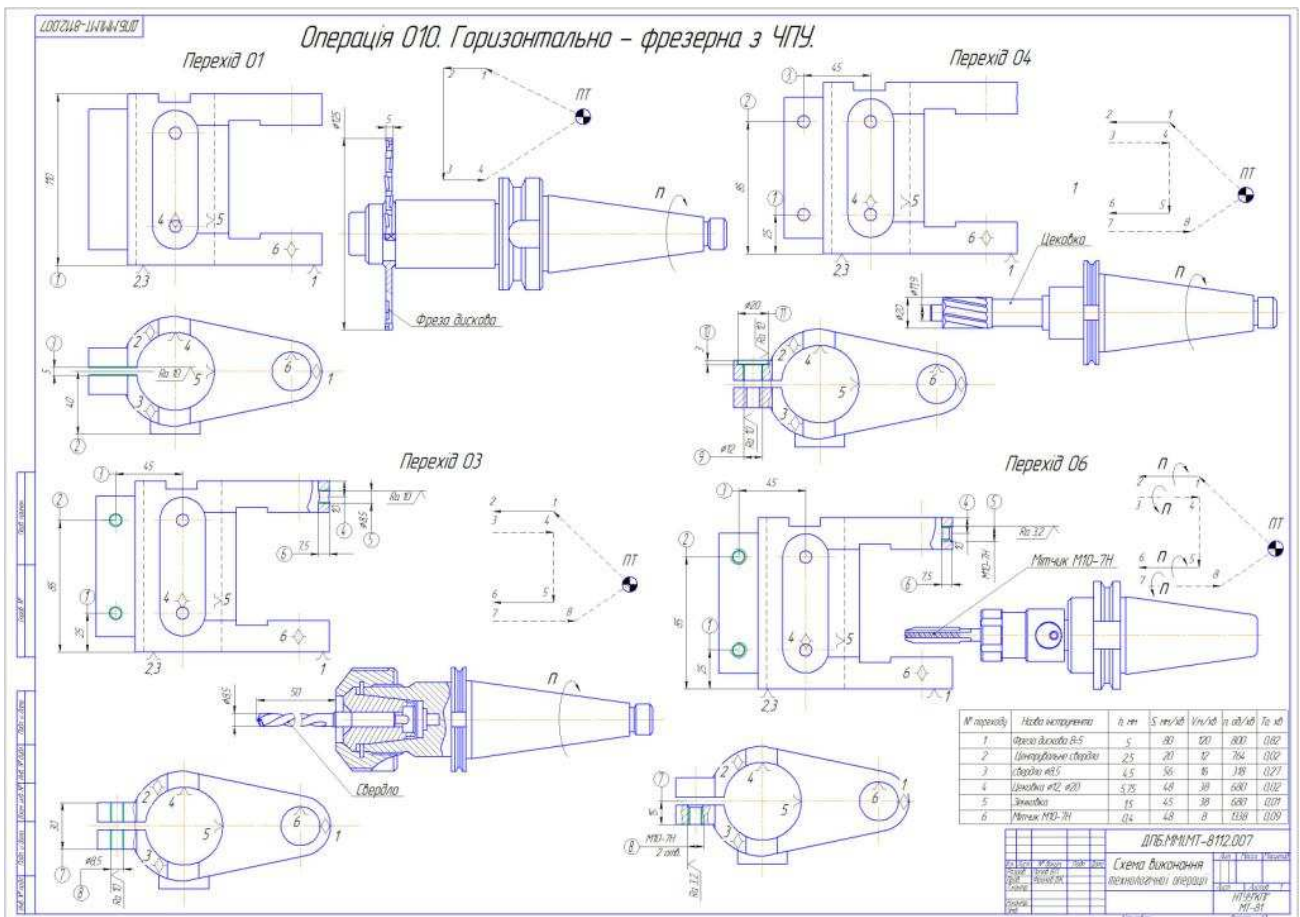
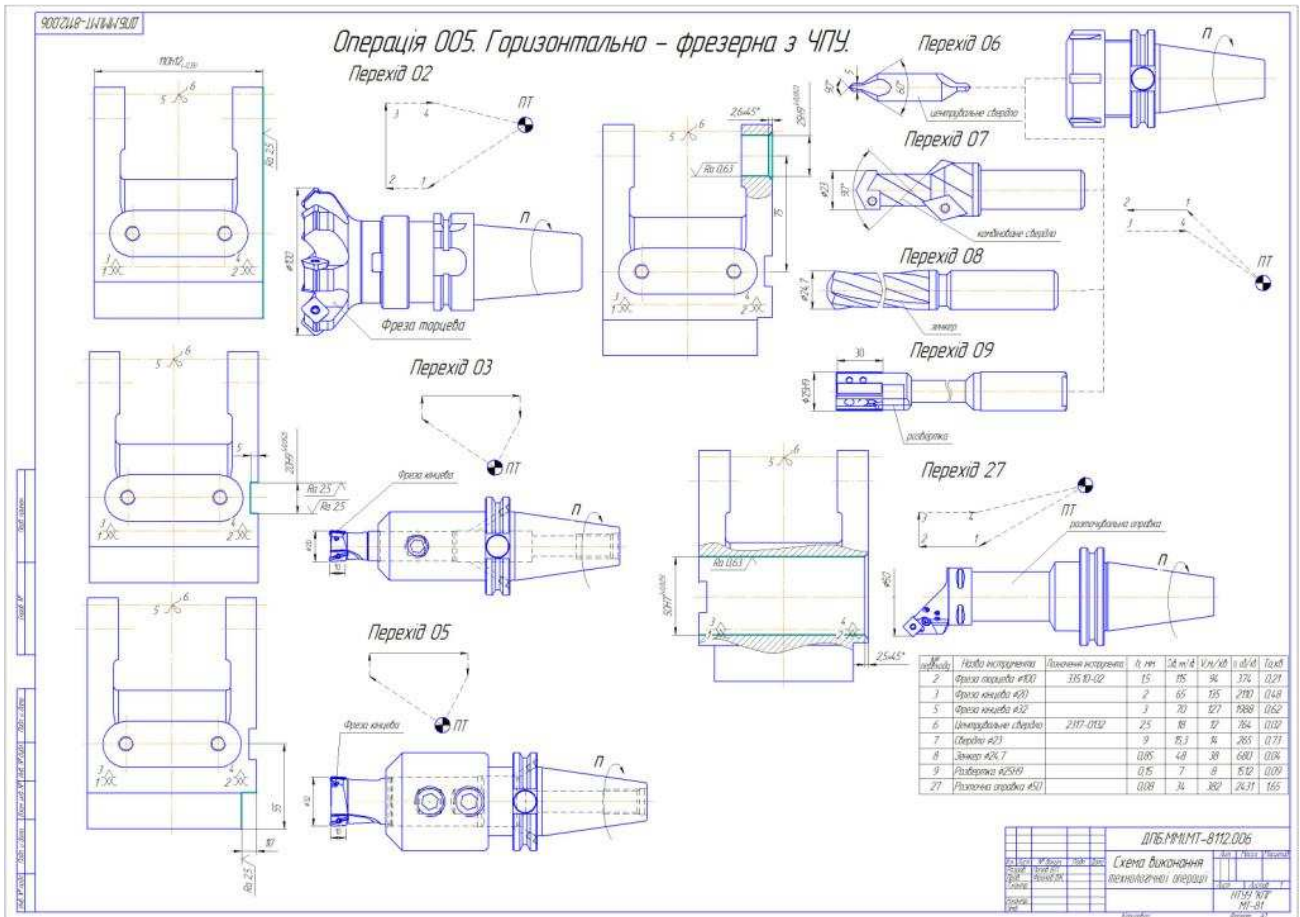
1. Неказані граничні відхилення Н14, н14, ± IT14/2

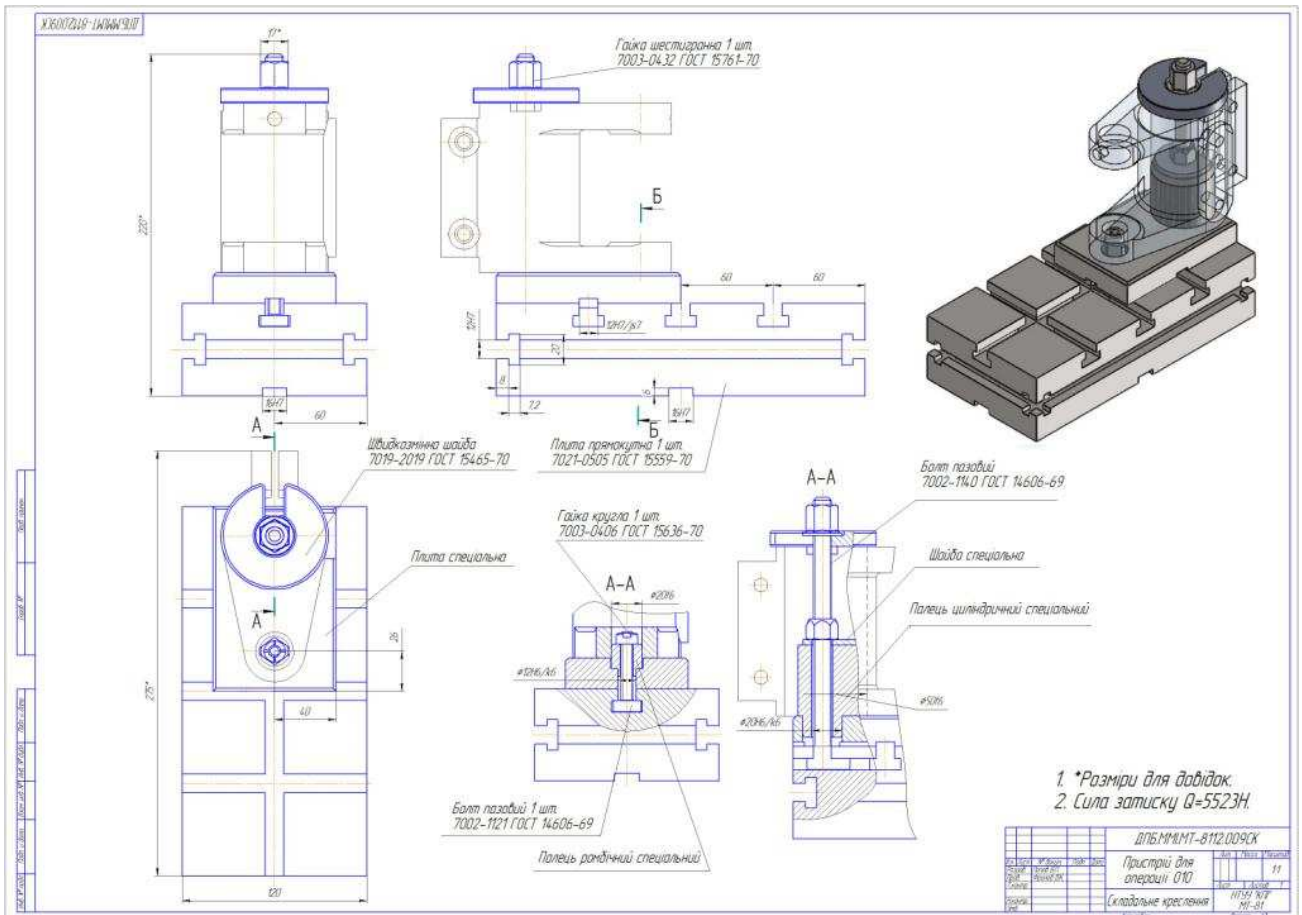
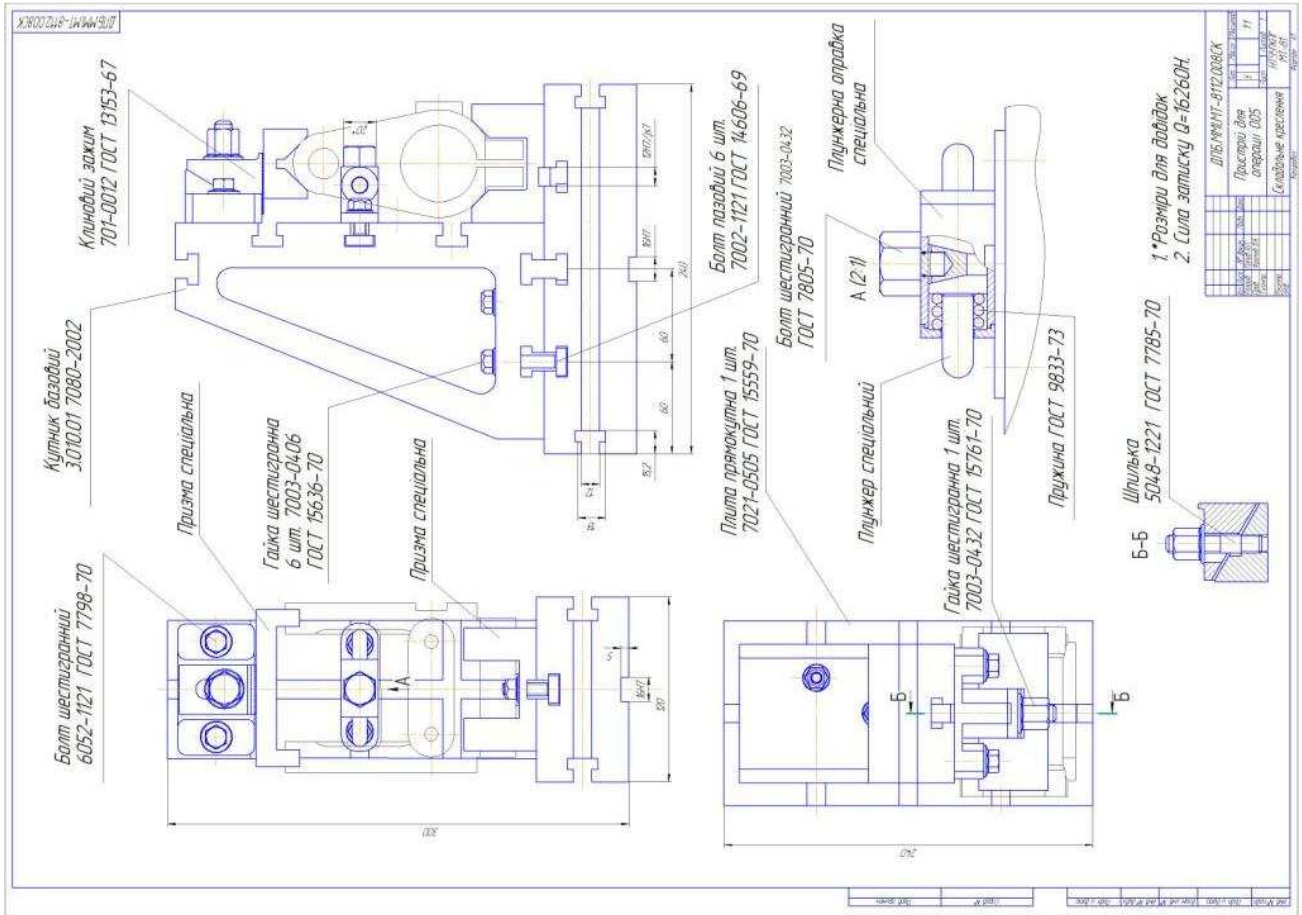


1. Точність вилівка 11μ-4-14-10μм. 1.8 ГОСТ 26645-85
2. Неказані кутові відхилень 1°. Неказані радіуси відхилень 3.5 мм.
3. Заготовка повинна бути очищена від пригару, ливнички та рубнички. Виділяти браковані. Залишки ливничків за висотою не більше 1 мм. По периметру різниці за висотою не більше 1 мм і товщиною не більше 1 мм.
4. На оброблених поверхнях допускається дефекти, крім тріщин, що не перевищують 2/3 припуску на механічну оброблення.
5. На необроблених поверхнях допускається окремі раковини з найбільшим діаметром 2 мм, глибиною до 1 мм, у кількості 5 шт.

ДПБ/ММ/МТ-8112.005		№	Вид	Місце
№	Вид	№	Вид	Місце
№	Вид	№	Вид	Місце
№	Вид	№	Вид	Місце
№	Вид	№	Вид	Місце
№	Вид	№	Вид	Місце
№	Вид	№	Вид	Місце
№	Вид	№	Вид	Місце
№	Вид	№	Вид	Місце
№	Вид	№	Вид	Місце







# Автор дипломного проекту І.О.Проценко (захист 2013 р.) Керівник проекту к.т.н., доц. В.К.Фролов

**1007116-140443/01**

**Класифікація ознак**

**Конфіденційні ознаки інструменту**

Конструктивне виконання: 1. Спиральні, 2. Кольчаті, 3. Різанням, 4. Вставними напівми, 5. Зварні

Тип інструменту: 1. Спиральні, 2. Різальні

Кількість сторінок: 1. Два, 2. Три, 3. Чотири, 4. П'ять або більше

Характер роботи сторінок: 1. Діагностика, 2. Паралельна, 3. Конфіденційна

Тип відкриття: 1. Діаметричний, 2. Кольчатий

Спосіб закривання: 1. Жорстке, 2. Спеціалізовані

Спеціальні інструменти: 1. Для контролю якості, 2. Для контролю якості елементів інструменту

**Цільові конфіденційні інструменти**

**Конфіденційні інструменти з ковчезною пластинкою**

**Конфіденційні інструменти з різанням ковчезною пластинкою**

1-Віснострумчаті свердла, 2-Віснострумчаті свердла, 3-Струмчаті різальники, 4-Віснострумчаті різальники, 5-Свердла-зв'язки, 6-Свердла-зв'язки, 7-Свердла-розбірки, 8-Розбірко-різальники

1-Свердло-зв'язка, 2-Свердло-зв'язка, 3-Свердло-зв'язка, 4-Свердло-зв'язка, 5-Свердло-зв'язка

1-Сторінки свердла, 2-Різальні напівми, 3-Різальні напівми, 4-Різальні напівми, 5-Корпус для сторінок

1-Свердло-зв'язка, 2-Свердло-зв'язка, 3-Свердло-зв'язка, 4-Свердло-зв'язка, 5-Свердло-зв'язка

1-Сторінки свердла, 2-Різальні напівми, 3-Різальні напівми, 4-Різальні напівми, 5-Корпус для сторінок

**Конфіденційні інструменти з білоспиральними напівми**

**Зварні конфіденційні інструменти**

**Технологічні схеми зварки свердла**

**Зварні струмчаті свердла Класу К. Андіна**

**Свердло-зв'язка зварні Катанеті**

1-Свердло, 2-Зв'язка, 3-Шпатель, 4-Пластина, 5-Зварна пластинка, 6-Фіксуючий штифт

1-Сторінки свердла, 2-Різальні напівми, 3-Різальні напівми, 4-Різальні напівми, 5-Корпус для сторінок

1-Свердло-зв'язка, 2-Свердло-зв'язка, 3-Свердло-зв'язка, 4-Свердло-зв'язка, 5-Свердло-зв'язка

1-Сторінки свердла, 2-Різальні напівми, 3-Різальні напівми, 4-Різальні напівми, 5-Корпус для сторінок

1-Свердло-зв'язка, 2-Свердло-зв'язка, 3-Свердло-зв'язка, 4-Свердло-зв'язка, 5-Свердло-зв'язка

1-Сторінки свердла, 2-Різальні напівми, 3-Різальні напівми, 4-Різальні напівми, 5-Корпус для сторінок

**ДІПЛОМ МНМІТ-91/4.001**

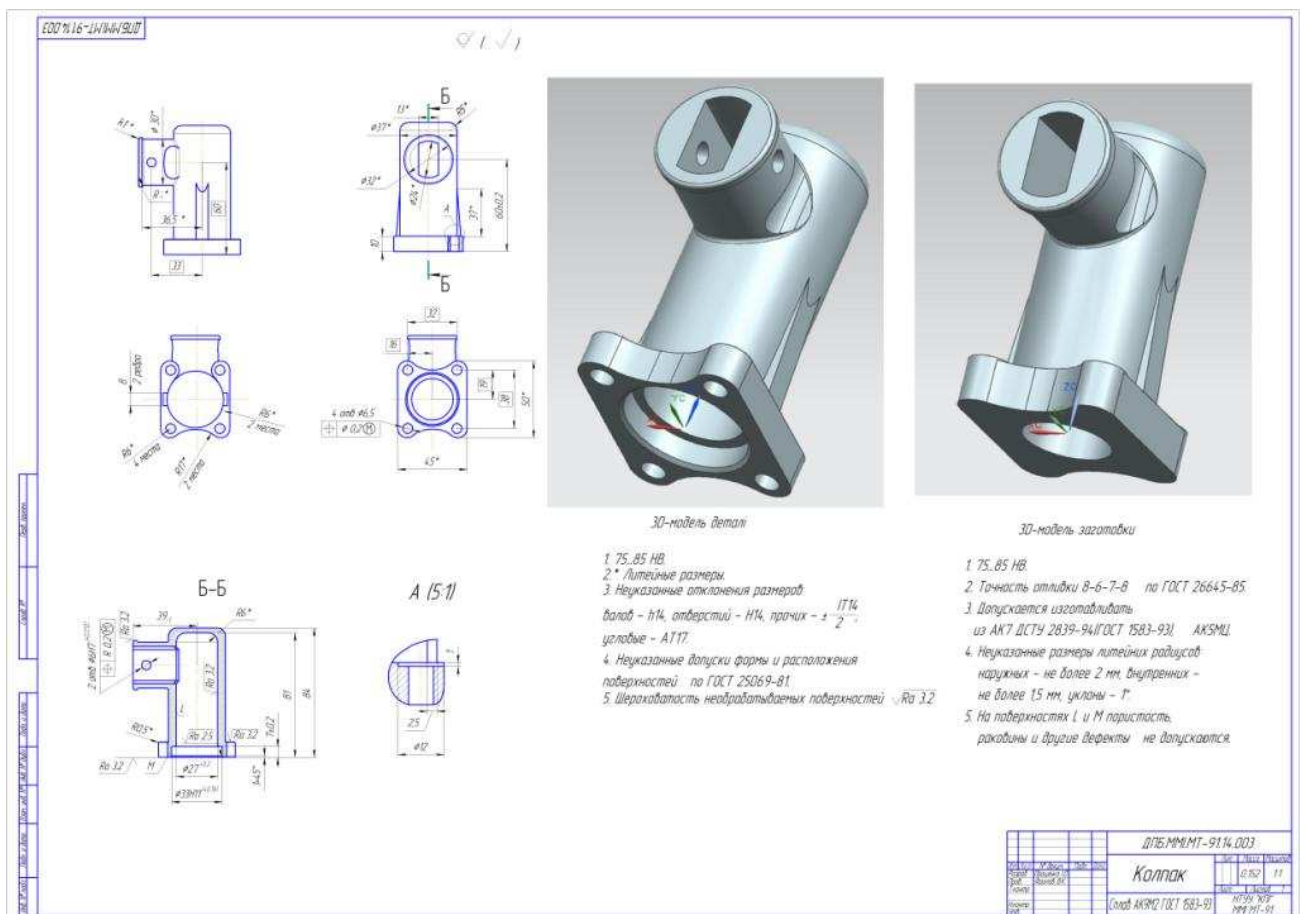
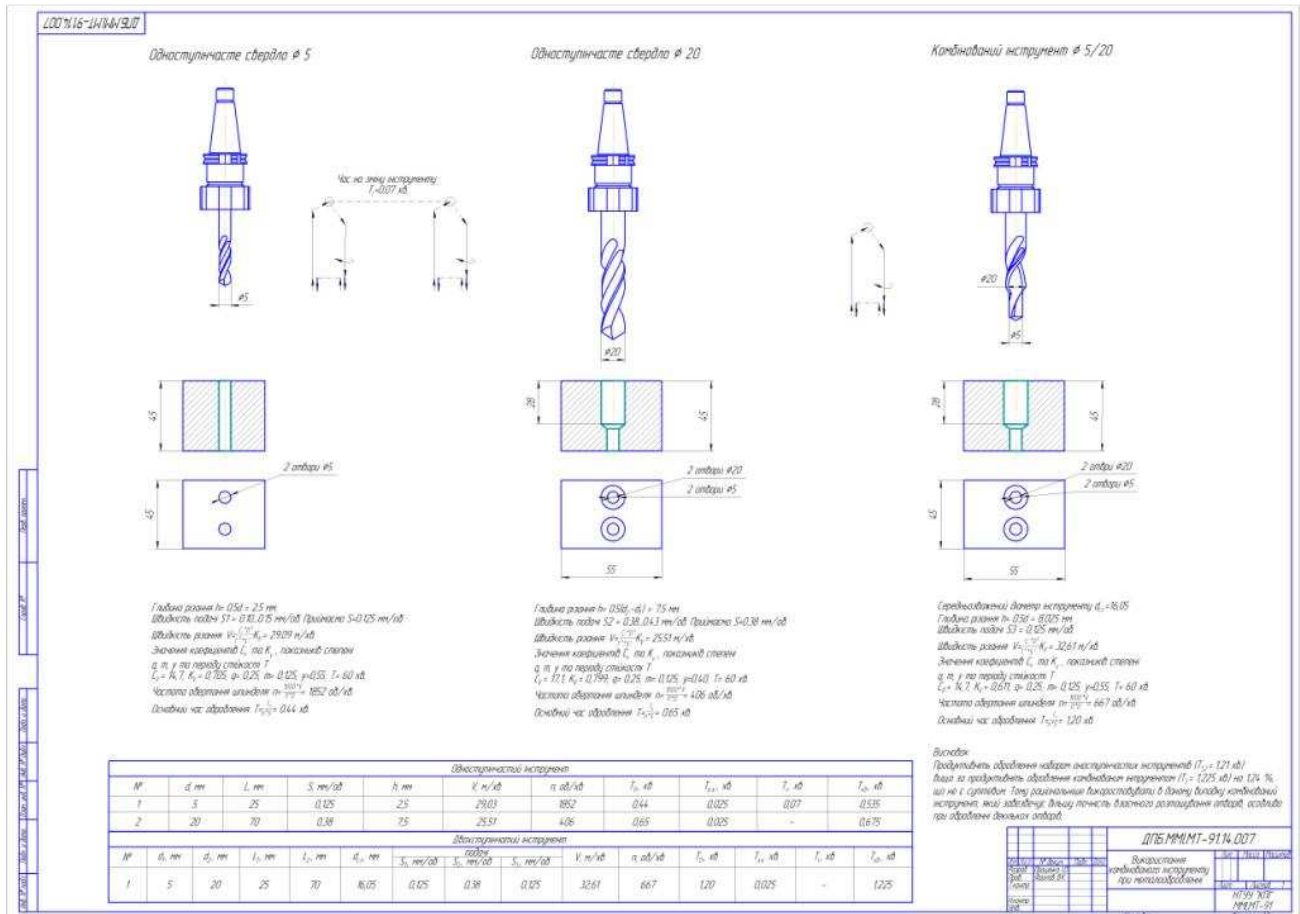
Випускний конфіденційно інструмент при металознавстві

МНМІТ-91/4.001

МНМІТ-91/4.001

МНМІТ-91/4.001





100%16-11/11/19/17

### 005. Багатоцільова. Верстат HAAS VF-4

Перехід 01, Перехід 02, Перехід 03, Перехід 04, Перехід 05, Перехід 06, Перехід 07, Перехід 08,09

Фреза поглибд., Кінцева фреза, Лезво, Кінцевий інструмент, Різьба розточка, Фреза поглибд., Складне, Різьбівка

№ інструмента	Назва інструмента	В довж.	В діам.	В діам. в кінці	В діам. в кінці	В діам. в кінці	В діам. в кінці	В діам. в кінці	В діам. в кінці
1	Фреза поглибд. в 80 мм	115 D-02	15	150	891	255	812	0,05	
2	Фреза поглибд. в 30 мм	220-024 D27 812-13	4	0,26	4 88	50	800	0,19	
3	Лезво в 30 мм		10	0,23	30,7	105	800	0,02	
4	Кінцевий інструмент	230-087 D27 1981-11	2,5	0,15	221	23	777	0,079	
5	Різьба розточка		1	0,84	6,173	277	734,9	0,002	
6	Фреза поглибд. в 80 мм		15	115		96	374	0,27	
7	Фреза поглибд. в 6 мм	230-087 D16 1981-11	7	0,14	154,6	4,7	264,7	0,028	
8	Різьбівка складне	100,1 29140-81	0,280	0,9	4,8	6,5	290	0,075	
9	Різьбівка розточка		0,09	0,43	253	17	589	0,179	

ДІТБ ММІМТ-9114.004

600%16-11/11/19/17

### Пректубання управлюючих програм оброблення в САМ системі SIEMENS NX 8

Операція 005  
Перехід 1

Візуалізація оброблення

Код управлюючої програми керування верстатом з ЧПУ

N0010 G40 G17 G90 G71  
N0020 G91 G28 Z0.0  
N0030 T01 M06  
N0040 T02  
N0050 G00 G90 X-62.511 Y-59.075 S995 M03  
N0060 G43 Z12. H01  
N0070 Z1  
N0080 G03 X-22.5 Y-19.085 I01 J4.0 F250  
N0090 G01 Y-18.555 M08  
N0100 X-22.49 Y18.975  
N0110 X-22.27 Y20.633  
N0120 X-21.526 Y22.266  
N0130 G02 X-14.906 Y24.774 I5.018 J-3.255  
N0140 G01 X-13.26 Y24.038  
N0150 X-10.609 Y21.988  
N0160 G03 X.005 Y19.041 I9.812 J4.752  
N0170 G01 Y18.981  
N0180 Y17.506  
N0190 G02 X14.69 Y9.525 I-019 J-17.537  
N0200 G01 X15.45 Y8.25  
N0210 X15.833 Y7.46  
N0220 X16.906 Y4.548  
N0230 G02 X17.253 Y-2.902 I-17.623 J-4.553  
N0240 X13.424 Y-11.228 I-17.21 J2.87  
N0250 G01 X11.209 Y-13.449  
N0260 G02 X-.004 Y-17.5 I-11.15 J13.321  
N0270 G01 X-.005 Y-19.389  
N0280 X24.92 Y-19.51  
N0290 G02 X10.381 Y-21.956 I-9.62 J-17.048  
N0300 G01 X13.7 Y-24.299  
N0310 G03 X22.194 Y-20.868 I2.796 J5.309  
N0320 G01 X22.497 Y-19.121  
N0330 Y-19.015  
N0340 X22.5 Y-9.242  
N0350 X22.502 Y-.991  
N0360 X22.507 Y18.156  
N0370 G02 X62.518 Y58.146 I4.0 J-01  
N0380 G00 Z12  
N0390 G91 G28 Z0.0

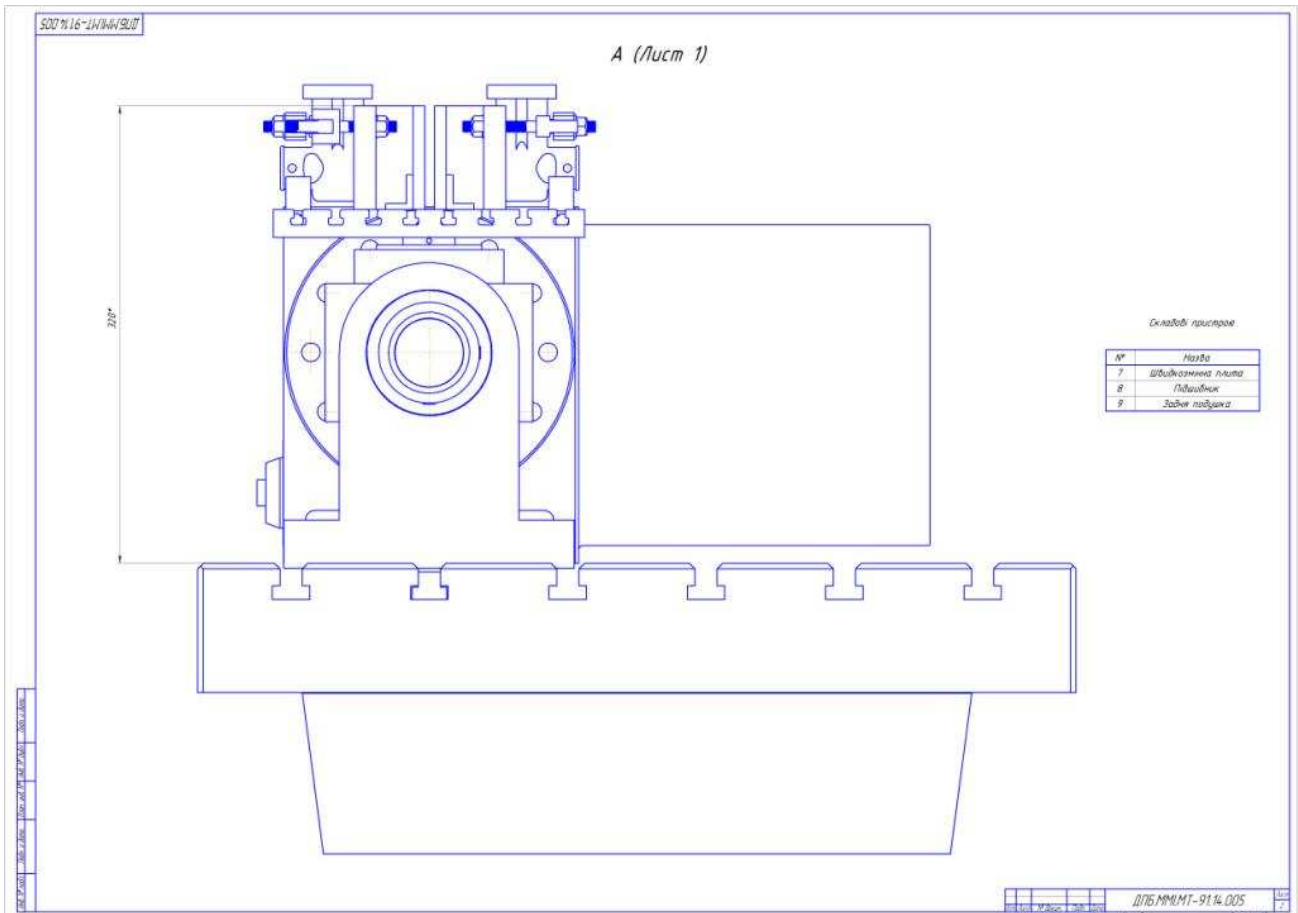
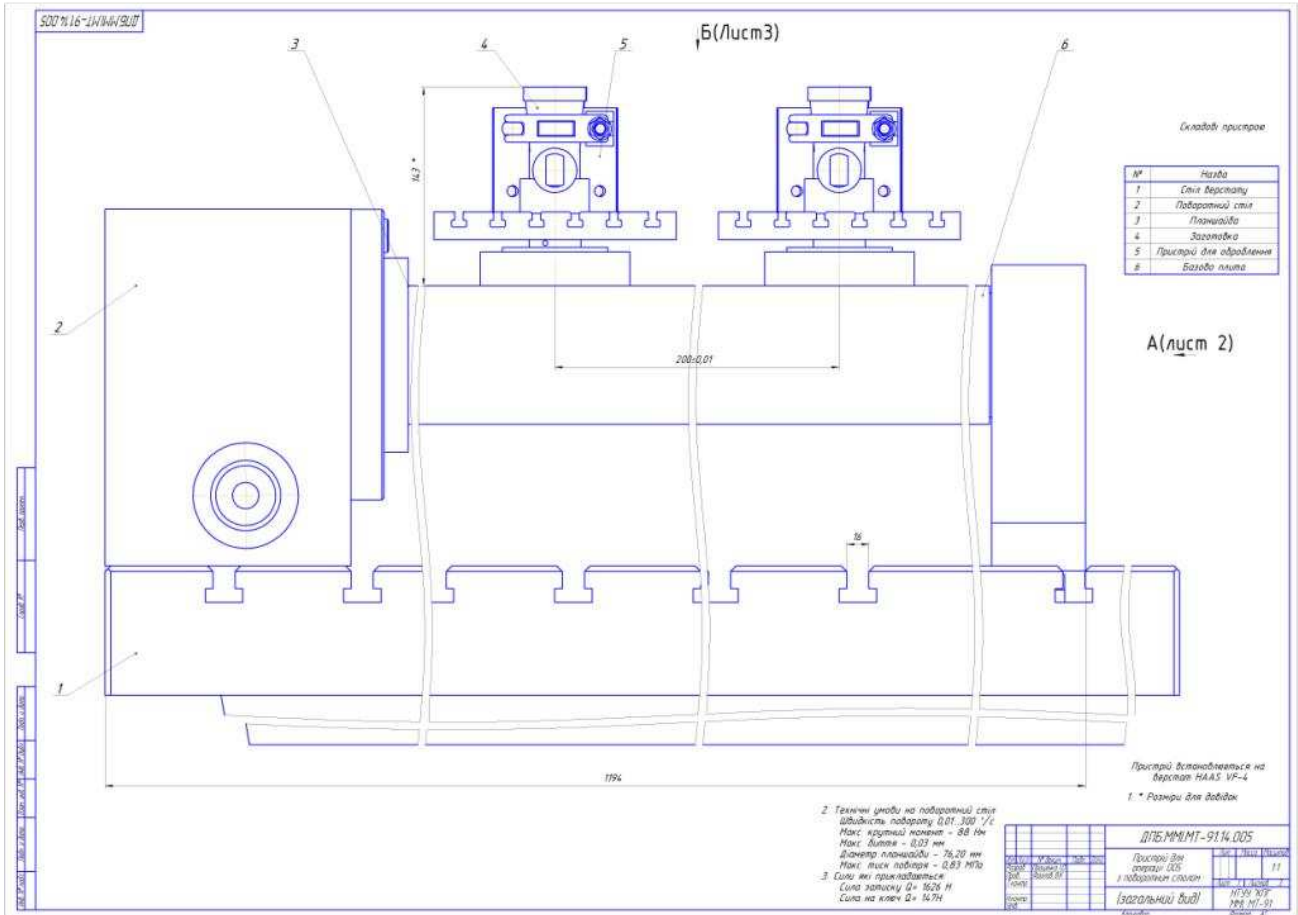
Операція 005  
Перехід 7

Візуалізація оброблення

Код управлюючої програми керування верстатом з ЧПУ

N0010 G40 G17 G90 G71  
N0020 G91 G28 Z0.0  
N0030 T01 M06  
N0040 T02  
N0050 G00 G90 X-62.511 Y-59.075 S995 M03  
N0060 G43 Z12. H01  
N0070 Z1  
N0080 G03 X-22.5 Y-19.085 I01 J4.0 F250  
N0090 G01 Y-18.555 M08  
N0100 X-22.49 Y18.975  
N0110 X-22.27 Y20.633  
N0120 X-21.526 Y22.266  
N0130 G02 X-14.906 Y24.774 I5.018 J-3.255  
N0140 G01 X-13.26 Y24.038  
N0150 X-10.609 Y21.988  
N0160 G03 X.005 Y19.041 I9.812 J4.752  
N0170 G01 Y18.981  
N0180 Y17.506  
N0190 G02 X14.69 Y9.525 I-019 J-17.537  
N0200 G01 X15.45 Y8.25  
N0210 X15.833 Y7.46  
N0220 X16.906 Y4.548  
N0230 G02 X17.253 Y-2.902 I-17.623 J-4.553  
N0240 X13.424 Y-11.228 I-17.21 J2.87  
N0250 G01 X11.209 Y-13.449  
N0260 G02 X-.004 Y-17.5 I-11.15 J13.321  
N0270 G01 X-.005 Y-19.389  
N0280 X24.92 Y-19.51  
N0290 G02 X10.381 Y-21.956 I-9.62 J-17.048  
N0300 G01 X13.7 Y-24.299  
N0310 G03 X22.194 Y-20.868 I2.796 J5.309  
N0320 G01 X22.497 Y-19.121  
N0330 Y-19.015  
N0340 X22.5 Y-9.242  
N0350 X22.502 Y-.991  
N0360 X22.507 Y18.156  
N0370 G02 X62.518 Y58.146 I4.0 J-01  
N0380 G00 Z12  
N0390 G91 G28 Z0.0

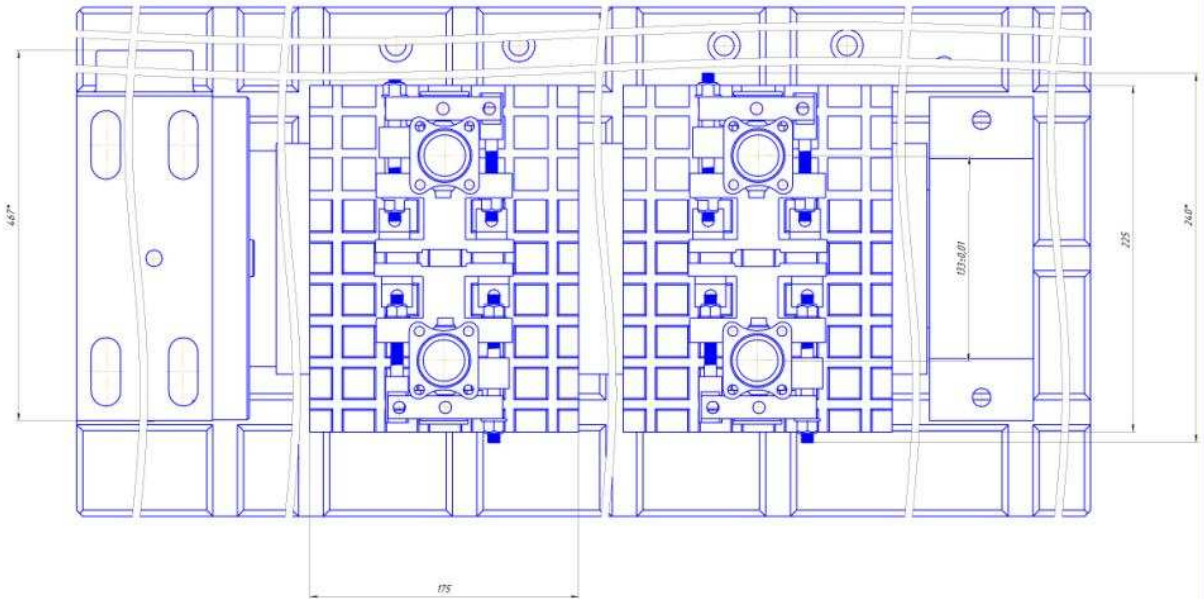
ДІТБ ММІМТ-9114.009





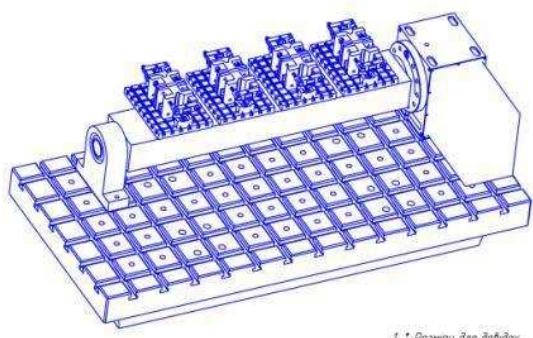
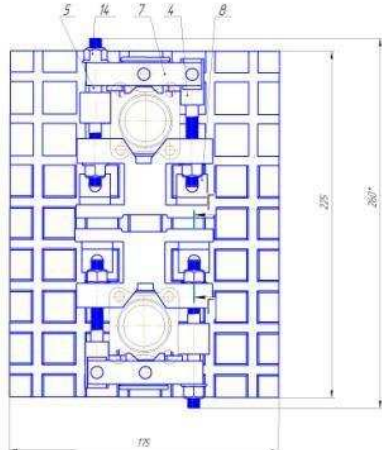
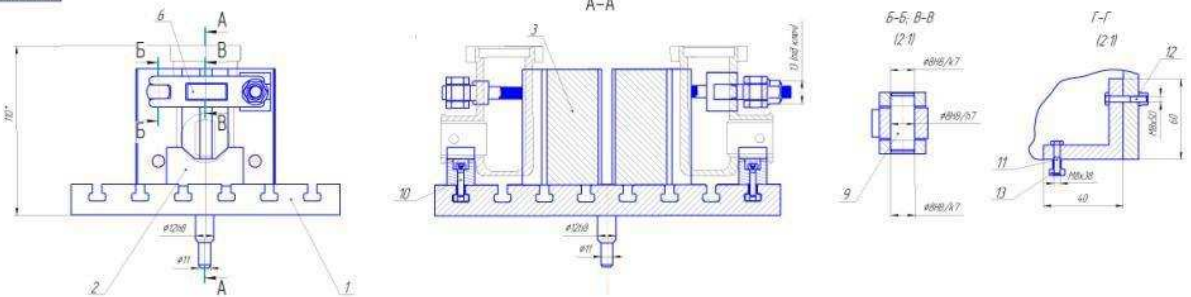
5007616-11184/91/7

Б (Лист 1)



ДПБ МММТ-914.005

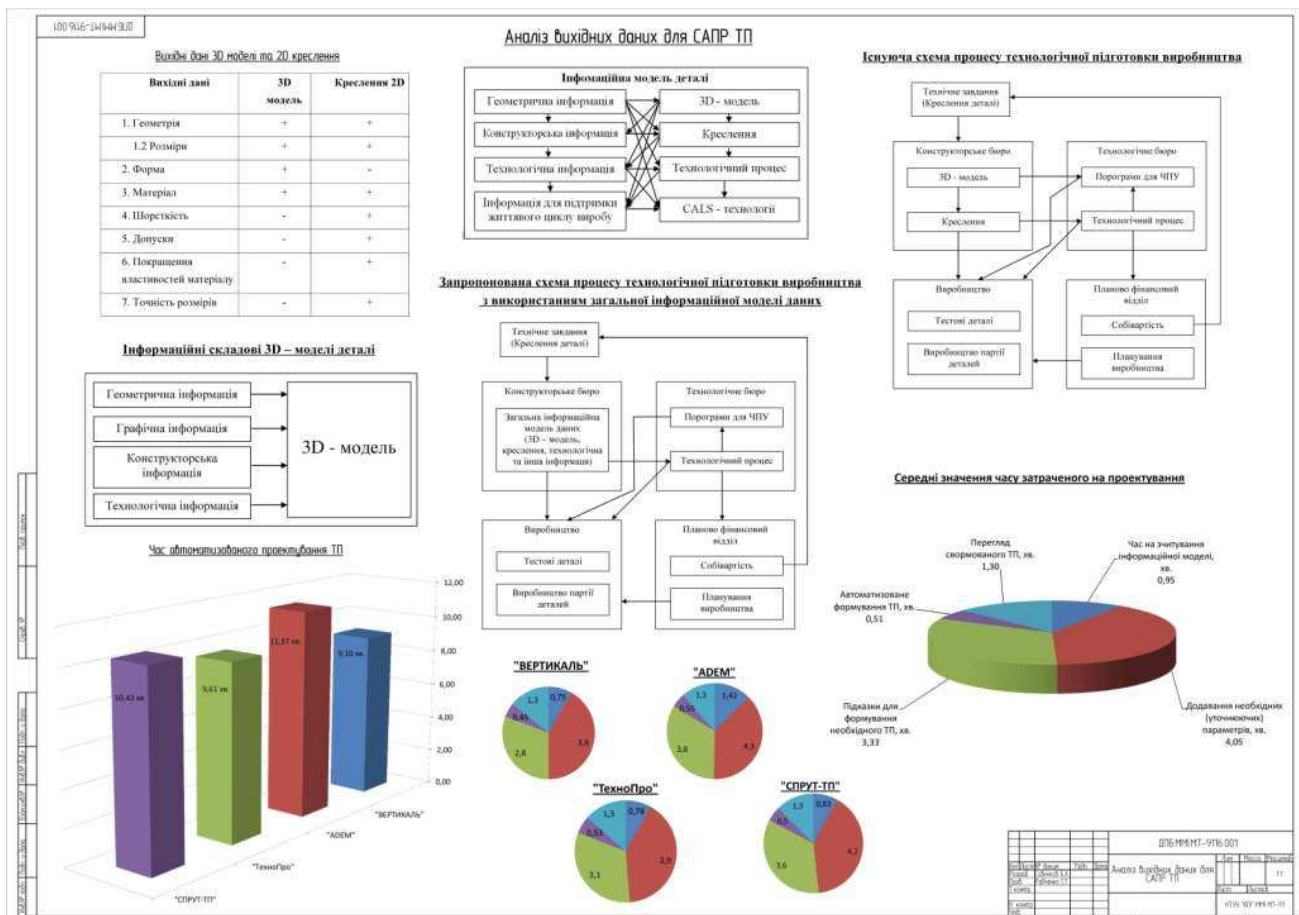
5007616-11184/91/7



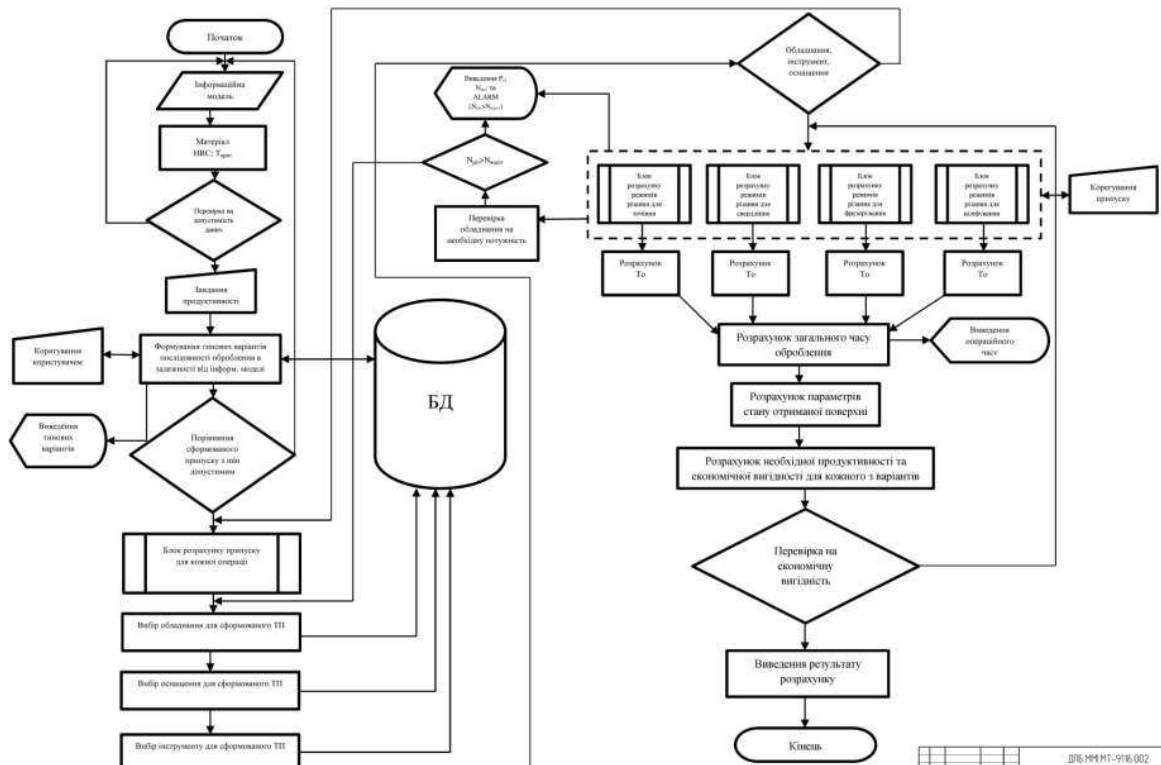
1 \* Размеры для доборок  
2 Силы, не прикладываются  
Сила затиску  $Q = 15.26 \text{ Н}$   
Сила на ключ  $Q = 14.7 \text{ Н}$

ДПБ МММТ-914.005 СК		Лист 1	Измен.
Пристрій для операції ООС		11	
(складальне креслення)		11.94.305	
		288-91-91	

# Автор дипломного проекту Б.А.Савенков (захист 2013 р.) Керівник проекту д.т.н., проф. С.Г.Радченко



### Алгоритм системи автоматичного проєктування ТП



ДПБ МММТ-916.002			
№	Вид змін	Внесок	Дата
1	Створено	МММТ	11.12.11
2	Змінено	МММТ	11.12.11
3	Змінено	МММТ	11.12.11
4	Змінено	МММТ	11.12.11
5	Змінено	МММТ	11.12.11
6	Змінено	МММТ	11.12.11
7	Змінено	МММТ	11.12.11
8	Змінено	МММТ	11.12.11
9	Змінено	МММТ	11.12.11
10	Змінено	МММТ	11.12.11
11	Змінено	МММТ	11.12.11
12	Змінено	МММТ	11.12.11
13	Змінено	МММТ	11.12.11
14	Змінено	МММТ	11.12.11
15	Змінено	МММТ	11.12.11
16	Змінено	МММТ	11.12.11
17	Змінено	МММТ	11.12.11
18	Змінено	МММТ	11.12.11
19	Змінено	МММТ	11.12.11
20	Змінено	МММТ	11.12.11
21	Змінено	МММТ	11.12.11
22	Змінено	МММТ	11.12.11
23	Змінено	МММТ	11.12.11
24	Змінено	МММТ	11.12.11
25	Змінено	МММТ	11.12.11
26	Змінено	МММТ	11.12.11
27	Змінено	МММТ	11.12.11
28	Змінено	МММТ	11.12.11
29	Змінено	МММТ	11.12.11
30	Змінено	МММТ	11.12.11
31	Змінено	МММТ	11.12.11
32	Змінено	МММТ	11.12.11
33	Змінено	МММТ	11.12.11
34	Змінено	МММТ	11.12.11
35	Змінено	МММТ	11.12.11
36	Змінено	МММТ	11.12.11
37	Змінено	МММТ	11.12.11
38	Змінено	МММТ	11.12.11
39	Змінено	МММТ	11.12.11
40	Змінено	МММТ	11.12.11
41	Змінено	МММТ	11.12.11
42	Змінено	МММТ	11.12.11
43	Змінено	МММТ	11.12.11
44	Змінено	МММТ	11.12.11
45	Змінено	МММТ	11.12.11
46	Змінено	МММТ	11.12.11
47	Змінено	МММТ	11.12.11
48	Змінено	МММТ	11.12.11
49	Змінено	МММТ	11.12.11
50	Змінено	МММТ	11.12.11

### Модуль запису необхідних параметрів

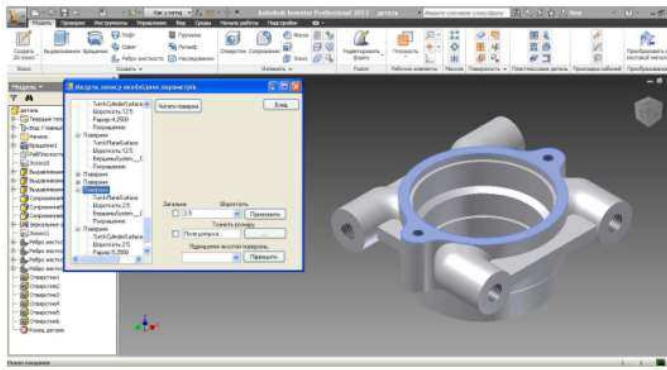


Рисунок 1 - Інтерфейс прикладної програми

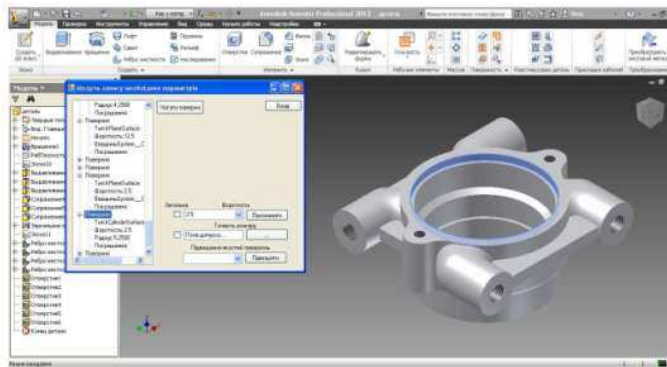


Рисунок 2 - Інтерфейс прикладної програми

#### Поверхня

##### Тип поверхні:

- Сплайн (KSplineSurface)
- Конус (KConeSurface)
- Циліндр (KCylinderSurface)
- Еліптичний конус (KEllipticalCone)
- Еліптичний циліндр (KEllipticalCylinder)
- Площина (KPlaneSurface)
- Сфера (KSphereSurface)
- Тор (KTorusSurface)

##### Шорсткість

- Ra
- Rz

##### Власні параметри поверхні:

- Ім'я
- Вершини
- Радіуси
- Координати вершин
- та ін.

##### Покращення властивостей:

- Термообробка
- Попирювання
- Азотування
- Графювання
- Розвальцювання

Рисунок 3 - Ієрархічне дерево вибедення даних з інформаційної моделі

ДПБ МММТ-916.003			
№	Вид змін	Внесок	Дата
1	Створено	МММТ	11.12.11
2	Змінено	МММТ	11.12.11
3	Змінено	МММТ	11.12.11
4	Змінено	МММТ	11.12.11
5	Змінено	МММТ	11.12.11
6	Змінено	МММТ	11.12.11
7	Змінено	МММТ	11.12.11
8	Змінено	МММТ	11.12.11
9	Змінено	МММТ	11.12.11
10	Змінено	МММТ	11.12.11
11	Змінено	МММТ	11.12.11
12	Змінено	МММТ	11.12.11
13	Змінено	МММТ	11.12.11
14	Змінено	МММТ	11.12.11
15	Змінено	МММТ	11.12.11
16	Змінено	МММТ	11.12.11
17	Змінено	МММТ	11.12.11
18	Змінено	МММТ	11.12.11
19	Змінено	МММТ	11.12.11
20	Змінено	МММТ	11.12.11
21	Змінено	МММТ	11.12.11
22	Змінено	МММТ	11.12.11
23	Змінено	МММТ	11.12.11
24	Змінено	МММТ	11.12.11
25	Змінено	МММТ	11.12.11
26	Змінено	МММТ	11.12.11
27	Змінено	МММТ	11.12.11
28	Змінено	МММТ	11.12.11
29	Змінено	МММТ	11.12.11
30	Змінено	МММТ	11.12.11
31	Змінено	МММТ	11.12.11
32	Змінено	МММТ	11.12.11
33	Змінено	МММТ	11.12.11
34	Змінено	МММТ	11.12.11
35	Змінено	МММТ	11.12.11
36	Змінено	МММТ	11.12.11
37	Змінено	МММТ	11.12.11
38	Змінено	МММТ	11.12.11
39	Змінено	МММТ	11.12.11
40	Змінено	МММТ	11.12.11
41	Змінено	МММТ	11.12.11
42	Змінено	МММТ	11.12.11
43	Змінено	МММТ	11.12.11
44	Змінено	МММТ	11.12.11
45	Змінено	МММТ	11.12.11
46	Змінено	МММТ	11.12.11
47	Змінено	МММТ	11.12.11
48	Змінено	МММТ	11.12.11
49	Змінено	МММТ	11.12.11
50	Змінено	МММТ	11.12.11



Результати патентного пошуку

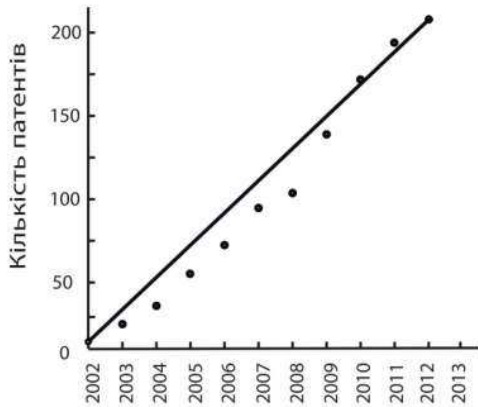


Рисунок 1 – Динаміка патентування створення і застосування різного роду систем автоматичного та автоматизованого проектування технологічних процесів

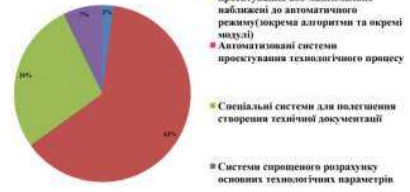


Рисунок 2 – Співвідношення знайденої кількості патентів до тематики пошуку

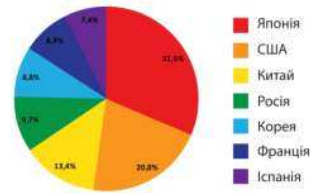
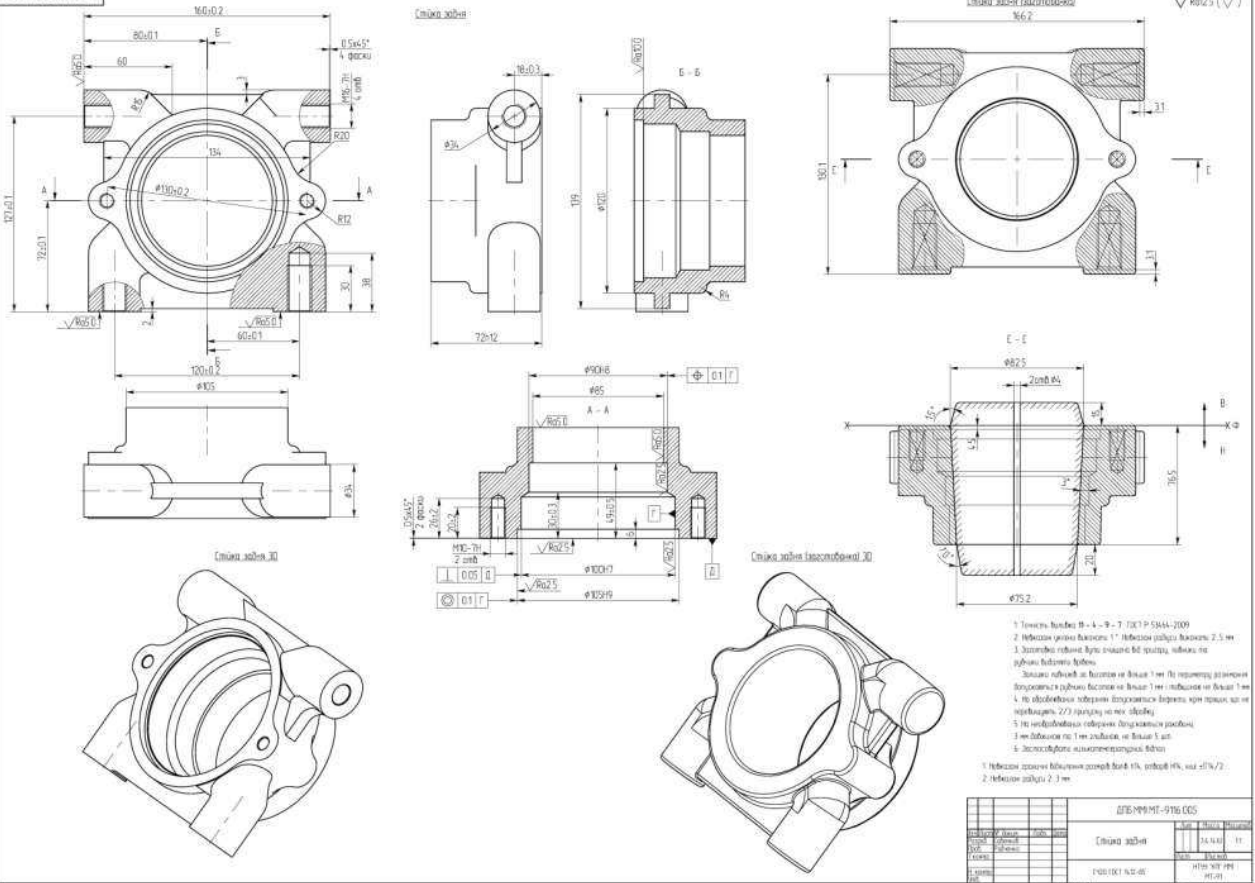
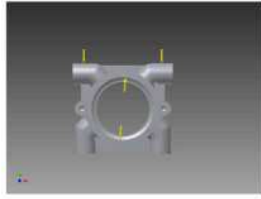


Рисунок 3 – Співвідношення передових країн по патентуванню впродовж 10 останніх років у сфері створення та використання САПР ТП

		ДІП/ММ/МТ-916.004	
№	Назва	Стр.	Всього
1	Результати кількості пошуку	11	11
2	Результати пошуку	11	11
3	Результати пошуку	11	11
4	Результати пошуку	11	11
5	Результати пошуку	11	11
6	Результати пошуку	11	11
7	Результати пошуку	11	11
8	Результати пошуку	11	11
9	Результати пошуку	11	11
10	Результати пошуку	11	11
11	Результати пошуку	11	11
12	Результати пошуку	11	11
13	Результати пошуку	11	11
14	Результати пошуку	11	11
15	Результати пошуку	11	11
16	Результати пошуку	11	11
17	Результати пошуку	11	11
18	Результати пошуку	11	11
19	Результати пошуку	11	11
20	Результати пошуку	11	11
21	Результати пошуку	11	11
22	Результати пошуку	11	11
23	Результати пошуку	11	11
24	Результати пошуку	11	11
25	Результати пошуку	11	11
26	Результати пошуку	11	11
27	Результати пошуку	11	11
28	Результати пошуку	11	11
29	Результати пошуку	11	11
30	Результати пошуку	11	11
31	Результати пошуку	11	11
32	Результати пошуку	11	11
33	Результати пошуку	11	11
34	Результати пошуку	11	11
35	Результати пошуку	11	11
36	Результати пошуку	11	11
37	Результати пошуку	11	11
38	Результати пошуку	11	11
39	Результати пошуку	11	11
40	Результати пошуку	11	11
41	Результати пошуку	11	11
42	Результати пошуку	11	11
43	Результати пошуку	11	11
44	Результати пошуку	11	11
45	Результати пошуку	11	11
46	Результати пошуку	11	11
47	Результати пошуку	11	11
48	Результати пошуку	11	11
49	Результати пошуку	11	11
50	Результати пошуку	11	11
51	Результати пошуку	11	11
52	Результати пошуку	11	11
53	Результати пошуку	11	11
54	Результати пошуку	11	11
55	Результати пошуку	11	11
56	Результати пошуку	11	11
57	Результати пошуку	11	11
58	Результати пошуку	11	11
59	Результати пошуку	11	11
60	Результати пошуку	11	11
61	Результати пошуку	11	11
62	Результати пошуку	11	11
63	Результати пошуку	11	11
64	Результати пошуку	11	11
65	Результати пошуку	11	11
66	Результати пошуку	11	11
67	Результати пошуку	11	11
68	Результати пошуку	11	11
69	Результати пошуку	11	11
70	Результати пошуку	11	11
71	Результати пошуку	11	11
72	Результати пошуку	11	11
73	Результати пошуку	11	11
74	Результати пошуку	11	11
75	Результати пошуку	11	11
76	Результати пошуку	11	11
77	Результати пошуку	11	11
78	Результати пошуку	11	11
79	Результати пошуку	11	11
80	Результати пошуку	11	11
81	Результати пошуку	11	11
82	Результати пошуку	11	11
83	Результати пошуку	11	11
84	Результати пошуку	11	11
85	Результати пошуку	11	11
86	Результати пошуку	11	11
87	Результати пошуку	11	11
88	Результати пошуку	11	11
89	Результати пошуку	11	11
90	Результати пошуку	11	11
91	Результати пошуку	11	11
92	Результати пошуку	11	11
93	Результати пошуку	11	11
94	Результати пошуку	11	11
95	Результати пошуку	11	11
96	Результати пошуку	11	11
97	Результати пошуку	11	11
98	Результати пошуку	11	11
99	Результати пошуку	11	11
100	Результати пошуку	11	11

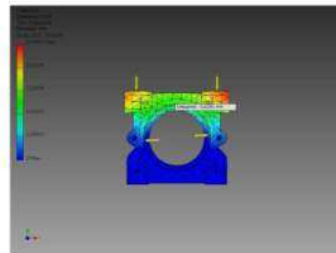
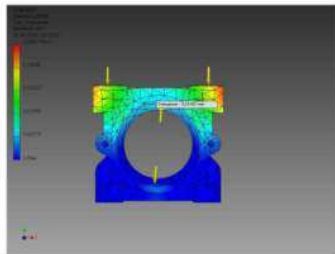
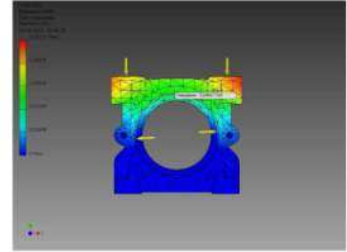
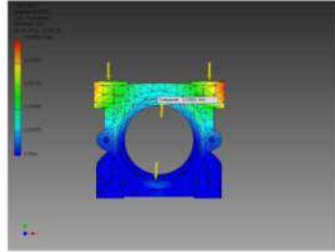


Анализ нагрузок при заточке "Стойки запыль" на операции 010



Подача: 5-0.3 мм/об  
 Радиальный шаг: 1-0.5-5.0, 3-15 мм  
 Сила резания: Rz-Ry=700\*10^3\*15\*20^2\*9=8000 Н

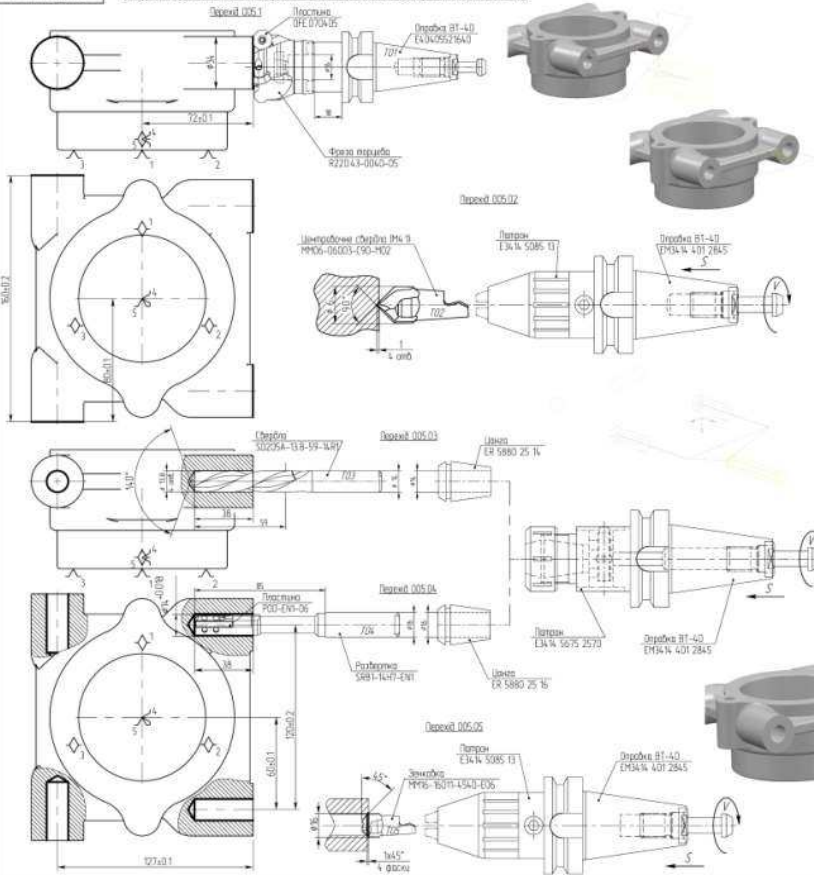
Сила приточки:  $\sigma = \frac{F_z}{A} = \frac{8000}{0.007} = 6750 \text{ Н}$   
 Максимальное значение для  $\sigma_{0.017}$ :  $\Delta \sigma = 0.015 \text{ МПа}$   
 Макс. значение  $\Delta \sigma = 0.018 \text{ МПа}$ ,  $\sigma_{0.046} = 0.046 \text{ МПа}$   
 $\Delta \sigma < \Delta \sigma_{\text{доп}}$



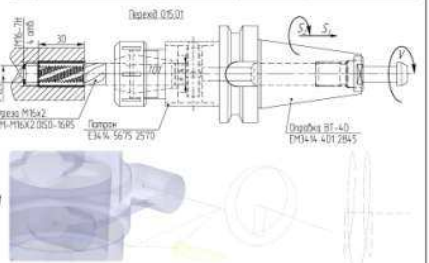
Подача: 5-0.25 мм/об  
 Радиальный шаг: 1-0.5-5.0, 3-15 мм  
 Сила резания: Rz-Ry=6750\*10^3\*10.75\*10^2\*9=8000 Н  
 Сила приточки:  $\Delta \sigma = 7875 \text{ Н}$   
 Значения:  $\Delta \sigma = 0.015 \text{ МПа}$ ,  $\Delta \sigma < \Delta \sigma_{\text{доп}}$ ,  $\sigma_{0.024} = 0.024 \text{ МПа}$ ,  $\sigma_{0.046} = 0.046 \text{ МПа}$

ДБЭ МММ1-916.006			
№ документа	Дата	Исполнитель	Проверенный
1			
2			
3			
4			
5			
6			
Анализ нагрузок			
Итого листов: 11			
Лист: 11			

Операция 005. Базовый/доп. Горизонтально-обрабатывающий центр с ЧПУ HAAS EC-4000



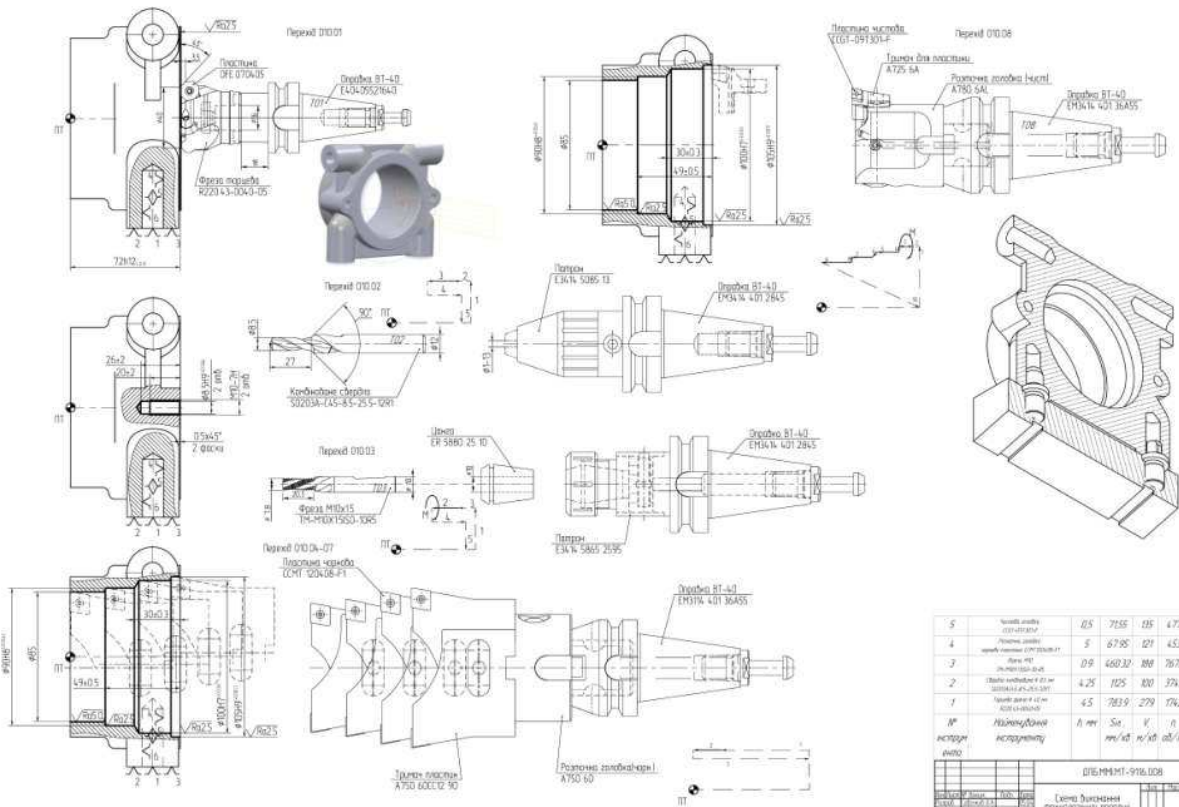
Операция 015. Базовый/доп. Горизонтально-обрабатывающий центр с ЧПУ HAAS EC-4000



6	Время на установку	15	613.7	888	7672	0.124
5	Время на установку	3	779.24	151	2596	0.017
4	Время на установку	0.1	4.921	114	259	0.31
3	Время на установку	6.9	420.76	540	3229	0.156
2	Время на установку	1	4.631	86	7721	0.026
1	Время на установку	1.1	233.6	195	8669	6.52
Итого	Время на установку					
Итого	Время на установку					

ДБЭ МММ1-916.007			
№ документа	Дата	Исполнитель	Проверенный
1			
2			
3			
4			
5			
6			
Анализ нагрузок			
Итого листов: 11			
Лист: 11			

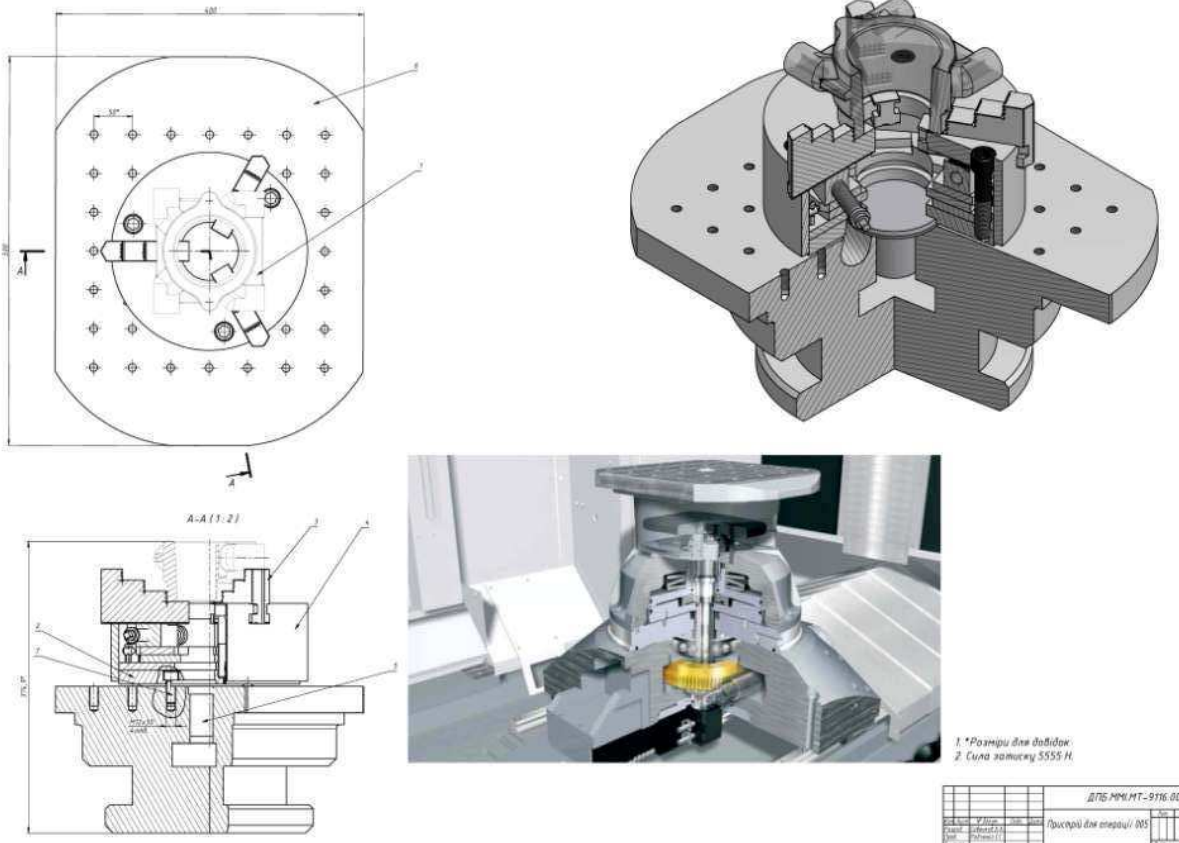
Операция 010. Багатоцільова (горизонтальний обраблювальний центр з ЧПК HAAS EC-400)



№	Назва операції	В.С.	Т.С.	В.С.	Т.С.	Т.С.
5	Чистота поверхні	0.5	7555	125	4.77	0.88
4	Розкриття отвору	5	6795	121	4.53	2.23
3	Фреза M10	0.9	468.32	88	79.72	0.235
2	Лезво чистоти 7.0	4.25	1025	800	374.5	0.055
1	Лезво чистоти 7.0	4.5	783.9	279	174.2	3.9

№ Матеріал А м Сп К V n T<sub>p</sub>  
 Інструмент Інструменту мм/сб м/сб об/хв хб

ДТБ ММНТ-916.006	
№	Назва операції
1	Чистота поверхні
2	Розкриття отвору
3	Фреза M10
4	Лезво чистоти 7.0
5	Лезво чистоти 7.0



1. \*Розміри для надійок  
 2. Сила затяжки S555 H

ДТБ ММНТ-916.006	
№	Назва операції
1	Чистота поверхні
2	Розкриття отвору
3	Фреза M10
4	Лезво чистоти 7.0
5	Лезво чистоти 7.0



# Автор дипломного проекту В.С.Тарамбула (захист 2014 р.) Керівник проекту к.т.н., доц. В.Г.Біланенко

**Загальні технологічні рекомендації оброблення фрезеруванням**

**Стратегія фрезерування**

### Типи верстатів для фрезерування

**Рекомендації для вибору і застосування інструменту**

### Оброблення плоскостями

### Оброблення кривими поверхнями

### Оброблення отворами

### Оброблення канавками

### Оброблення кути

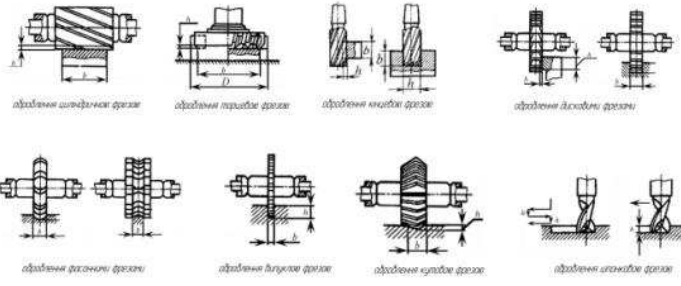
### Оброблення в різани

### Оброблення вали з різани

### Оброблення пелюстками контурами

МРД/П/МТ-010/14\_02  
 ЗАГОДІННИЙ ЛІСТ  
 МОДИФІКАЦІЙ  
 № 11  
 НТУУ "КПІ"

Загальні схеми фрезерування для досягнення глибини різання



Визначення параметрів аксиальної різальної фрезерування



Параметри різання:

$a_p = a_z \sin \varphi$   
 $a_z$  - товщина шару шліфувального матеріалу, мм  
 $a_p$  - товщина шару шліфувального матеріалу, мм  
 $\varphi$  - кут контакту  
 $a_z = a_p \cdot \frac{1}{\sin \varphi}$   
 $a_z = a_p \cdot \frac{1}{\sin \varphi} = \frac{a_p}{\sin \varphi}$   
 $\varphi = \arcsin \left( \frac{a_p}{a_z} \right)$   
 $a_p = a_z \cdot \sin \varphi$   
 $a_p = a_z \cdot \sin \varphi$   
 $a_p = a_z \cdot \sin \varphi$   
 $a_p = a_z \cdot \sin \varphi$

Розрахунок різних режимів фрезерування

Складовими факторами які впливають на вибірання оптимальних параметрів для виконання операції фрезерування є:

1. Товщина шліфувального шару  $a_z$  та товщина шару шліфувального матеріалу  $a_p$   
 $a_z = a_p \cdot \frac{1}{\sin \varphi}$   
 $a_p = a_z \cdot \sin \varphi$

2. Товщина шару шліфувального матеріалу  $a_z$  та товщина шару шліфувального матеріалу  $a_p$   
 $a_z = a_p \cdot \frac{1}{\sin \varphi}$   
 $a_p = a_z \cdot \sin \varphi$

3. Товщина шару шліфувального матеріалу  $a_z$  та товщина шару шліфувального матеріалу  $a_p$   
 $a_z = a_p \cdot \frac{1}{\sin \varphi}$   
 $a_p = a_z \cdot \sin \varphi$

4. Товщина шару шліфувального матеріалу  $a_z$  та товщина шару шліфувального матеріалу  $a_p$   
 $a_z = a_p \cdot \frac{1}{\sin \varphi}$   
 $a_p = a_z \cdot \sin \varphi$

5. Товщина шару шліфувального матеріалу  $a_z$  та товщина шару шліфувального матеріалу  $a_p$   
 $a_z = a_p \cdot \frac{1}{\sin \varphi}$   
 $a_p = a_z \cdot \sin \varphi$

6. Товщина шару шліфувального матеріалу  $a_z$  та товщина шару шліфувального матеріалу  $a_p$   
 $a_z = a_p \cdot \frac{1}{\sin \varphi}$   
 $a_p = a_z \cdot \sin \varphi$

7. Товщина шару шліфувального матеріалу  $a_z$  та товщина шару шліфувального матеріалу  $a_p$   
 $a_z = a_p \cdot \frac{1}{\sin \varphi}$   
 $a_p = a_z \cdot \sin \varphi$

8. Товщина шару шліфувального матеріалу  $a_z$  та товщина шару шліфувального матеріалу  $a_p$   
 $a_z = a_p \cdot \frac{1}{\sin \varphi}$   
 $a_p = a_z \cdot \sin \varphi$

9. Товщина шару шліфувального матеріалу  $a_z$  та товщина шару шліфувального матеріалу  $a_p$   
 $a_z = a_p \cdot \frac{1}{\sin \varphi}$   
 $a_p = a_z \cdot \sin \varphi$

10. Товщина шару шліфувального матеріалу  $a_z$  та товщина шару шліфувального матеріалу  $a_p$   
 $a_z = a_p \cdot \frac{1}{\sin \varphi}$   
 $a_p = a_z \cdot \sin \varphi$

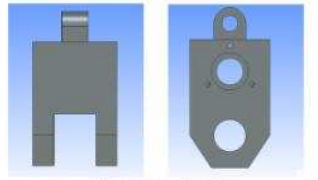
11. Товщина шару шліфувального матеріалу  $a_z$  та товщина шару шліфувального матеріалу  $a_p$   
 $a_z = a_p \cdot \frac{1}{\sin \varphi}$   
 $a_p = a_z \cdot \sin \varphi$

12. Товщина шару шліфувального матеріалу  $a_z$  та товщина шару шліфувального матеріалу  $a_p$   
 $a_z = a_p \cdot \frac{1}{\sin \varphi}$   
 $a_p = a_z \cdot \sin \varphi$

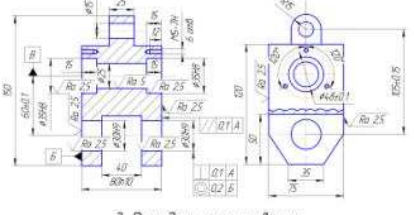


ММДПБ/МТ-010/К-01				
№	Вид	Масштаб	Вид	Лист
1	Резець	1:1	А	11
Загальні положення машинобудування				
НТУУ «КПІ»				

3-D модель деталі



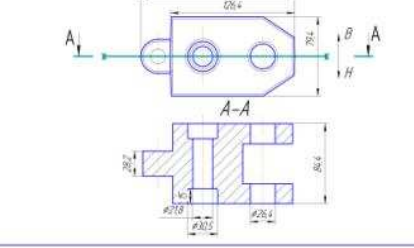
Кресленок деталі



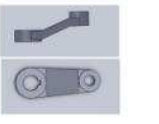
3-D модель заготовки



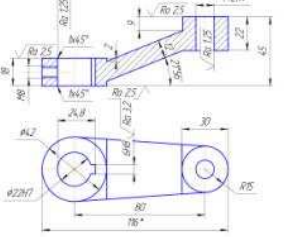
Кресленок заготовки



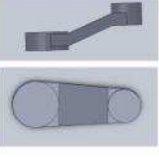
3-D модель деталі



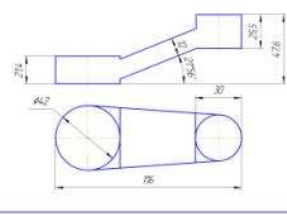
Кресленок деталі



3-D модель заготовки



Кресленок заготовки



ММДПБ/МТ-010/К-03				
№	Вид	Масштаб	Вид	Лист
1	Резець	1:1	А	11
3-D модель по кресленку деталі та заготовки				
НТУУ «КПІ»				

### 005 Багатоцільова верстат HAAS VF-1

**Перевід 01**

Фрагмент G-коду

N6 T01  
M1 G97 G40 G54  
N70 G80 G43 X-61 Y74.992  
N71 M3 S1800 M03  
N72 Z80  
N73 G01 Z77 F400 M08  
N74 X-58  
N5 G00 X281  
N75 Z80  
N76 Z80  
N77 Z80  
N78 X-61 Y40  
N79 Z80  
N80 G01 Z77  
N79 X-58  
N82 X78  
N83 G00 X281  
N84 Z80  
N85 Z80  
N86 G49 G21  
N87 G91 G28 Z00  
N88 G91 G28 X00 Y00  
N89 G90 G53 G00

**Перевід 04**

Фрагмент G-коду

N54 P001\_001.LIN2  
N55 M09  
N56 Tool Change!  
N57 T04 M06  
N58 T04  
N59 G90 G54  
N60 G00  
N61 G01 G43 X00 Y375  
Z66.4586 M03 S1280 M03  
N62 X00 Y375 Z66.4586  
N63 G99 G85 Z05 F400 M64.4586  
N64 G00 Z66.4586  
N65 G80  
N66 G49 G21  
N67 G91 G28 Z00  
N68 G91 G28 X00 Y00  
N69 G90 G53 G00

**Перевід 06**

Фрагмент G-коду

N85 BEAMING.F  
N86 Tool Change!  
N87 T06 M06  
N88 T06  
N89 G90 G54  
N90 G00  
N91 G90 G43 X00 Y375  
Z80 M6 S800 M03  
N92 X00 Y375 Z80  
N93 G99 G85 Z-2 F200 M03  
N94 G00 Z80  
N95 G80  
N96 G49 G21  
N97 G91 G28 Z00  
N98 G91 G28 X00 Y00  
N99 G90 G53 G00

**Перевід 09**

Фрагмент G-коду

N100 BEAMING.F  
N101 Tool Change!  
N102 T09 M06  
N103 T09  
N104 G90 G54  
N105 G00  
N106 G90 G43 X00 Y375  
Z80 M7 S1000 M03  
N107 X00 Y375 Z80  
N108 G99 G85 Z-2 F200 M03  
N109 G00 Z80  
N110 G80  
N111 G49 G21  
N112 G91 G28 Z00  
N113 G91 G28 X00 Y00  
N114 G90 G53 G00

**Схема установки**

**Перевід 10**

Фрагмент G-коду

N95 BORING.2  
N96 Tool Change!  
N97 T05 M06  
N98 T05  
N99 G90 G54  
N100 G00  
N101 G90 G43 X00 Y375  
Z80 M8 S1000 M03  
N102 X00 Y375 Z80  
N103 G99 G85 Z-4 F200 M03  
N104 G00 Z80  
N105 G80  
N106 G49 G21  
N107 G91 G28 Z00  
N108 G91 G28 X00 Y00  
N109 G90 G53 G00  
N110 T0 M06  
N111 M02

T01	Розмір	01	04	202	70	530	05
T04	Розмір	175	0.03	0.2	150	70	750
T06	Розмір	0.1	0.4	252	70	630	0.076
T07	Розмір	0.25	0.3	259	80	730	0.020
T08	Розмір	2.75	0.07	0.4	328	80.7	800
T05	Розмір	0.1	0.17	0.7	448	50	840
T04	Розмір	15	0.35	448	100	1280	0.18
T03	Розмір	0.05	0.2	1.2	768	200	640
T02	Розмір	0.3	0.52	0.72	530	200	730
T01	Розмір	3.25	0.7	0.6	564	295.2	940
M	Акселерація	5 mm	5 mm	5 mm	5 mm	5 mm	5 mm

ММД/П/МТ-010/4.04

ІМЕНА ПРОГРАМАТОРА

НТУУ «КПІ»

### Симуляція руху інструменту в середовищі NX8.5

**Заготовка в пристрої**

**Симуляція руху інструменту в NC 4.0**

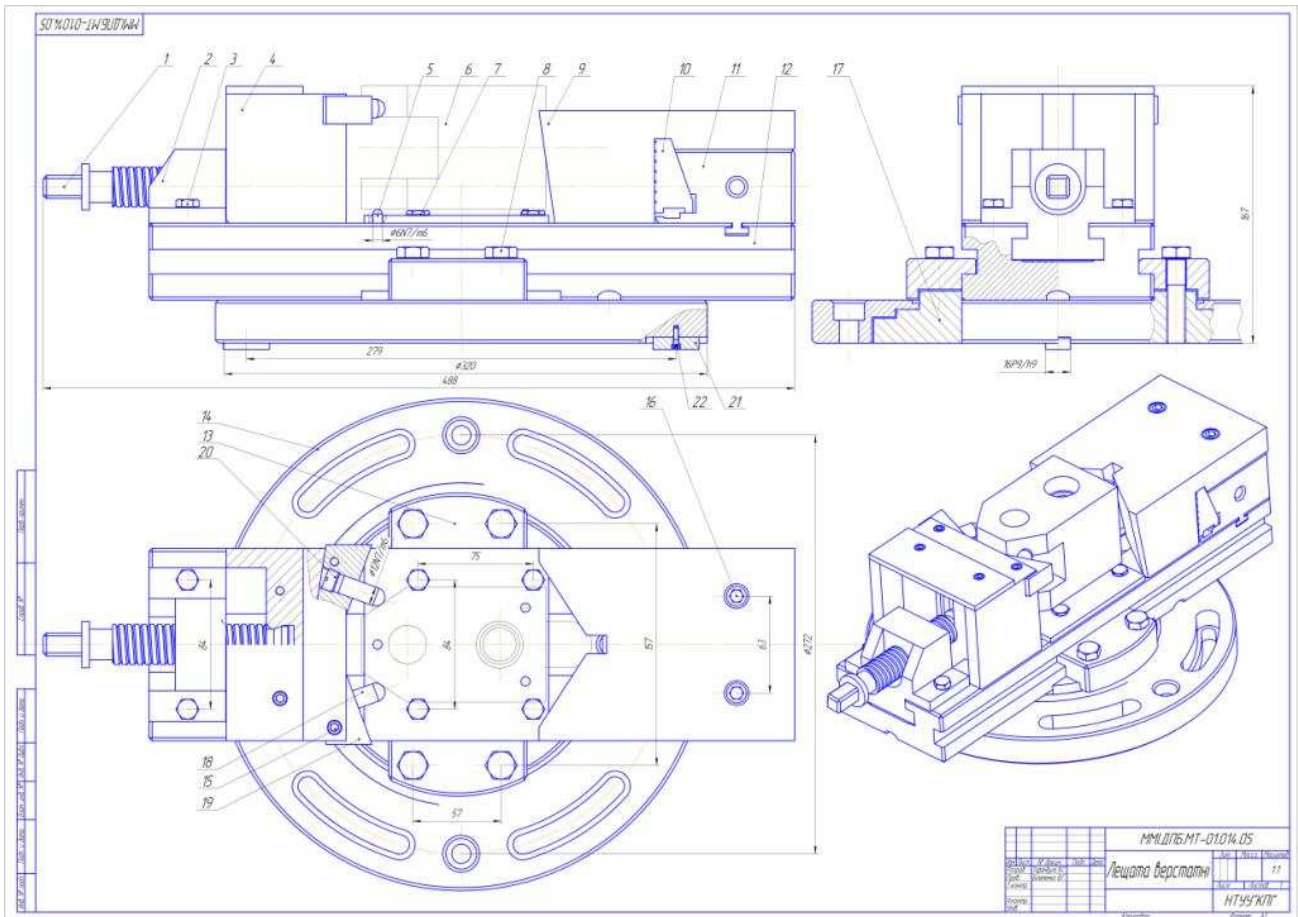
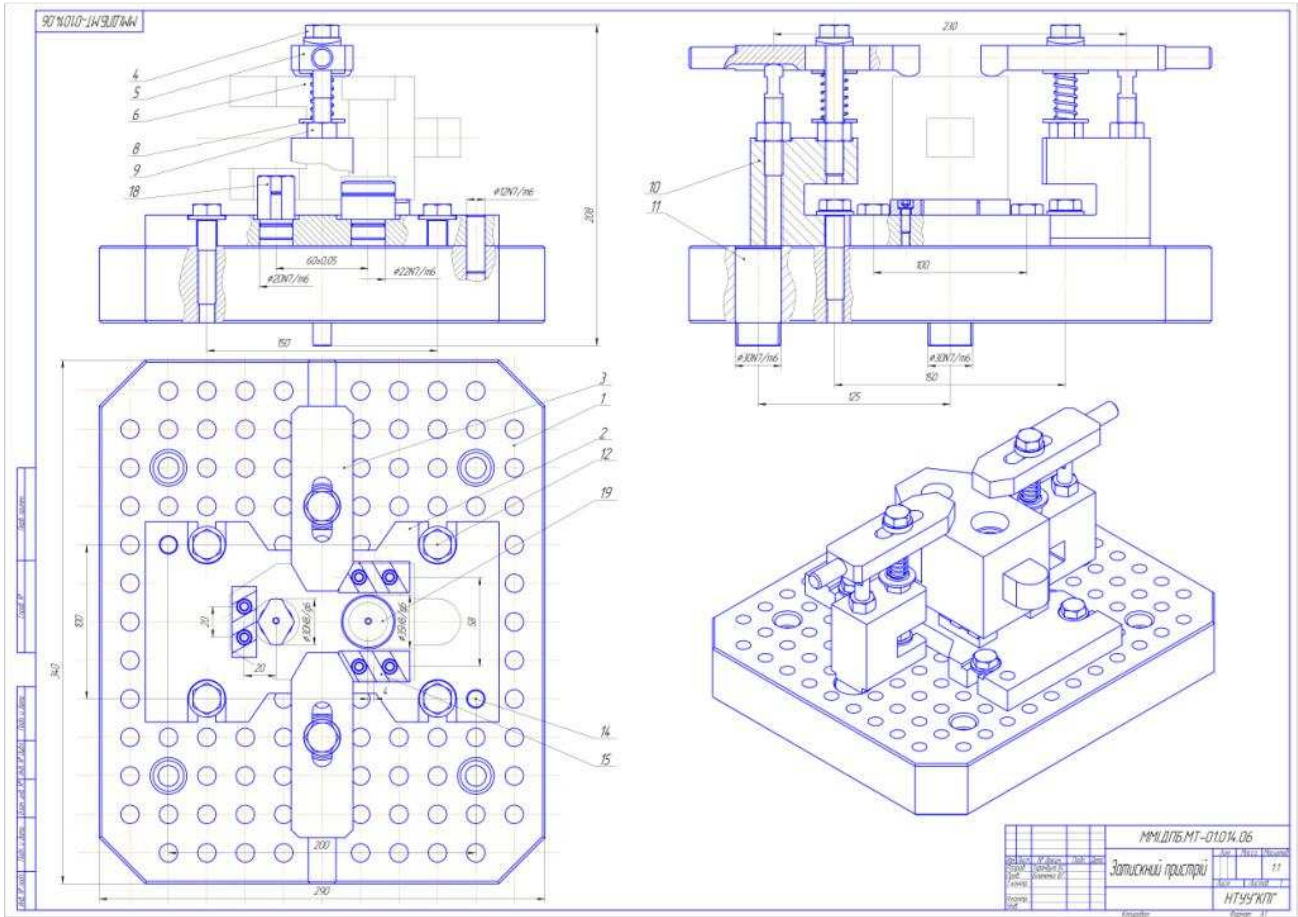
**Симуляція G-код на стійці HAAS**

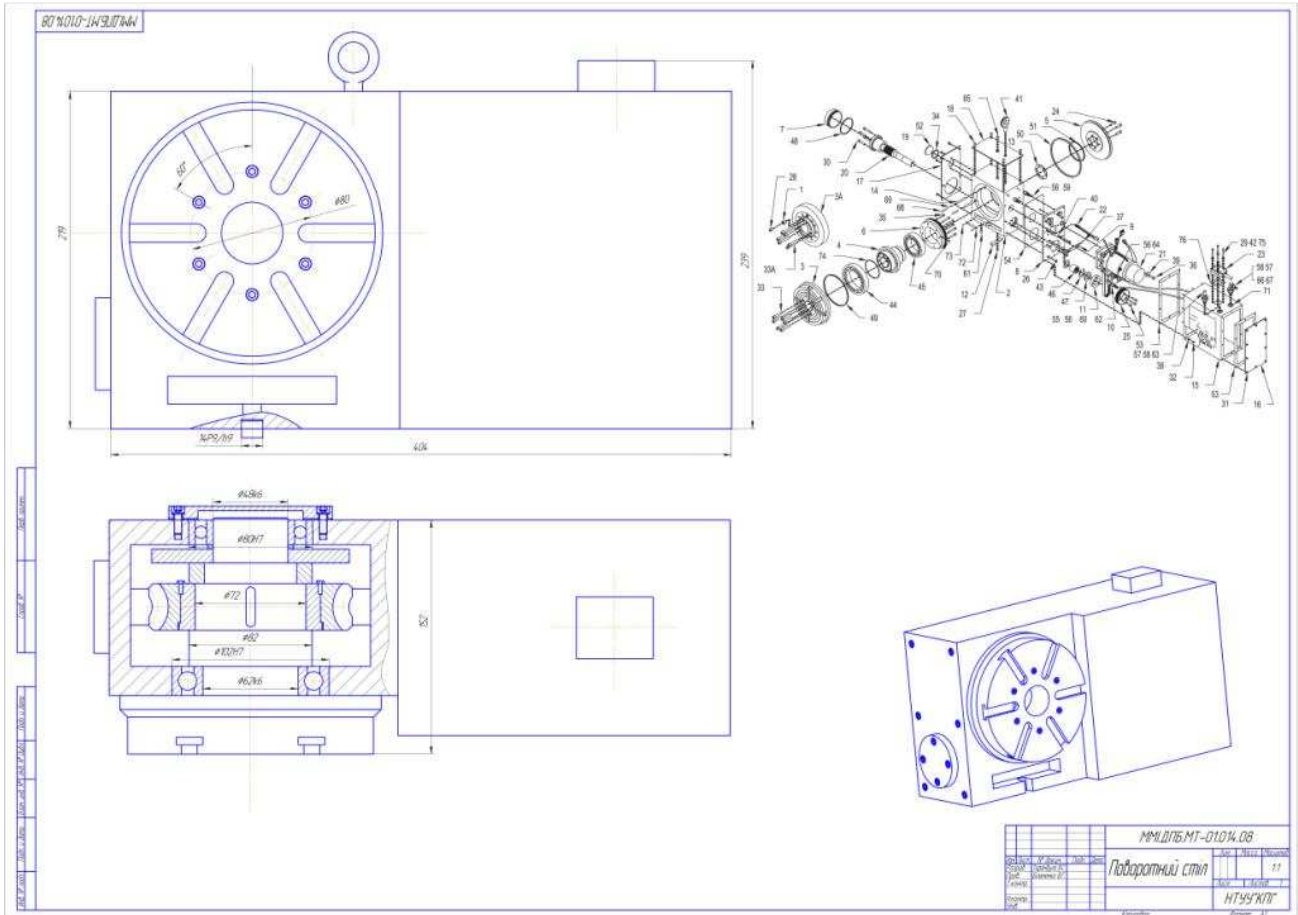
ММД/П/МТ-010/4.07

ІМЕНА ПРОГРАМАТОРА

НТУУ «КПІ»





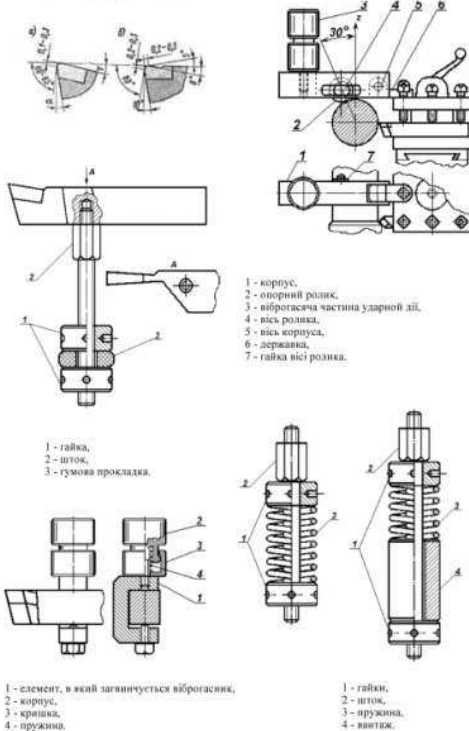


Автор дипломного проекту  
**О.М.Трокоз** (захист 2012 р.)  
 Керівник проекту  
**к.т.н., доц. В.К.Фролов**

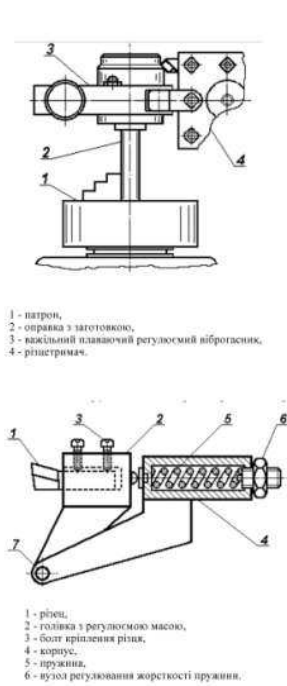
**Причини виникнення і методи усунення вібрацій при токарному обробленні**

Причини виникнення	Методи усунення
Колівання, передані від інших вібраційних верстатів і машин через підлогу, металічні конструкції міжповерхових перекриттів і т. п.	Методи боротьби з такими вібраціями: посилення фундаментів і перекриттів, встановлення пружних прокладок і т. п.
Колівання, викликані дисбалансом (неврівноваженістю) частини верстата, патрона або оброблюючою деталлю.	Засіб боротьби з вібраціями такого типу - балансування обертаючих частин як самого верстата і патрона, так і балансування закріплених на верстаті заготовок, якщо вона створює нерівноваженість всієї обертаючої системи, за допомогою додаткових вантажів.
Колівання, викликані дефектами передач верстата. Невірно вирізані або погано зібрані зубчасті передачі в верстаті викликають виникнення періодичних сил, передані на підшипники і напрямні верстата, а тому вони можуть при відомих умовах бути причиною появи вібрацій.	Засіб боротьби з вібраціями такого типу складається в усуненні дефектів, подібні перерахованим.
Колівання, викликані переривчастим характером процесу різання. В багатьох випадках метод обробки сам по собі зумовлює колівання сил різання, наприклад коли оброблююча поверхня має перериви.	Вплив переривчастого оброблюючої поверхні на виникнення вібрацій повинно усуватися в кожному конкретному випадку шляхом штучного збільшення жорсткості оброблюючої деталі. 1. Збільшення жорсткості складових системи ВПД. 2. Вибір раціональних режимів різання, різання на високих швидкостях (або, те що менш бажано, на низьких) або збільшення подачі. 3. Раціональний вибір різця і вірного його загострення. 4. Ретельне балансування пристосування з затисненою в ньому деталлю.
Власні колівання при точінні, розточуванні і т. д. При точінні врівноваженої деталі, при роботі на працездатному верстаті можуть виникнути значні вібрації. Такі вібрації називаються власними коліваннями (вібраціями) процесу різання.	

**Використання різців з антивібраційною фаскою конструкції новатора Д.Н. Рижкова**



**Конструкції віброгасників**



ДІПБ/МІМ/МТ-82.13.006	
Батьківщина	Україна
Місце розробки	Київ
Рік розробки	11
Інженер	М.П.С.
Проєктант	М.П.С.
Відомство	М.П.С.
Лист	11
Всього	11

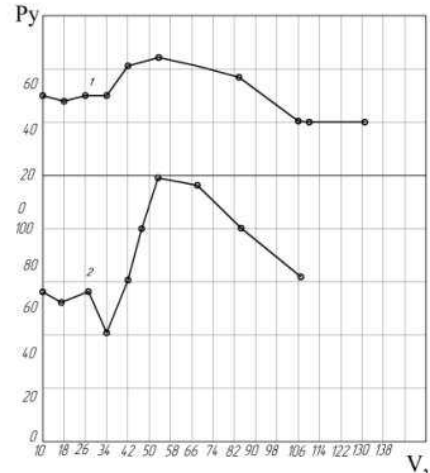
**Вплив режиму оброблення на виникнення вібрацій**

**Причини виникнення і методи усунення вібрацій при фрезеруванні**

Причини	Методи усунення
Недостатня жорсткість затискових пристосувань	Визначити напрямки сил різання і розташувати відповідно до цього опорні елементи кріплення заготовки. Підвищити жорсткість закріплення в цілому. Понизити сили різання за рахунок зменшення глибини різання в радіальному і осьовому напрямі. Вибрати фрезу з великим кроєм і оптимальною геометрією. Вибрати пластину з невеликим значенням радіусу при вершині і невеликою фаскою. По можливості вибрати сплав з тонким покриттям для забезпечення гострої різальної кромок, або оцпи без покриття. Уникати оброблення ослаблених і некористих між заготовки.
Нежорстке закріплення заготовки	В якості першого вибору використати фрези з оптимальною геометрією. Вибрати пластини з гострою різальною кромкою і великим заднім кутом. Спробувати понизити осьове зусилля за рахунок зменшення глибини різання в цьому напрямі. Вибрати пластини з невеликим радіусом при вершині і невеликою паралельною фаскою.
Великий виліт наладки	В якості першого вибору використати фрези з оптимальною геометрією. Вибрати пластини з гострою різальною кромкою і великим заднім кутом. Спробувати понизити осьове зусилля за рахунок зменшення глибини різання в цьому напрямі. Вибрати пластини з невеликим радіусом при вершині і невеликою паралельною фаскою.
Радіальне биття шпинделя	Вибрати фрезу мінімально можливого діаметру з найбільш відповідним значенням головного кута в плані. Невелика фреза розвиватиме невеликі зусилля різання. Вибрати оптимальну геометрію, що забезпечує низькі зусилля різання. Спробувати зустрічне фрезерування.
Нерівномірність подачі	Спробувати зустрічне фрезерування. При роботі на верстаті з ЧПУ відрегулювати привід подачі. В універсальних верстатах люфт в гайці приводу ступи також піддається регулюванню або усувається заміною деталей.

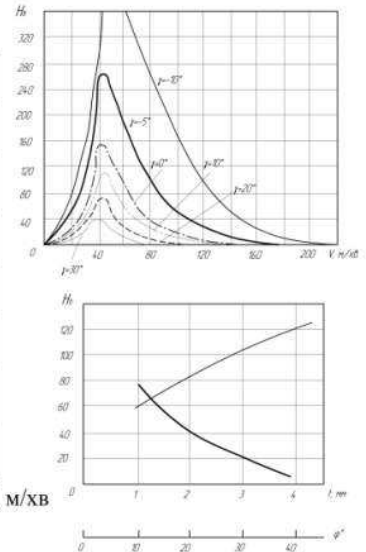
**Зміна складової сили різання  $P_y$  в залежності від швидкості різання  $V$  при обробленні низьковуглецевої сталі:**

1 - глибина різання  $t = 2$  мм,  
2 -  $t = 5$  мм і подача  $S = 0,24$  мм/об.



**Величина колівань (висота хвилі H) в залежності від:**

а) швидкості різання (при  $\gamma = +30 \dots 10^\circ$ );  
б) глибини різання і кута в плані.



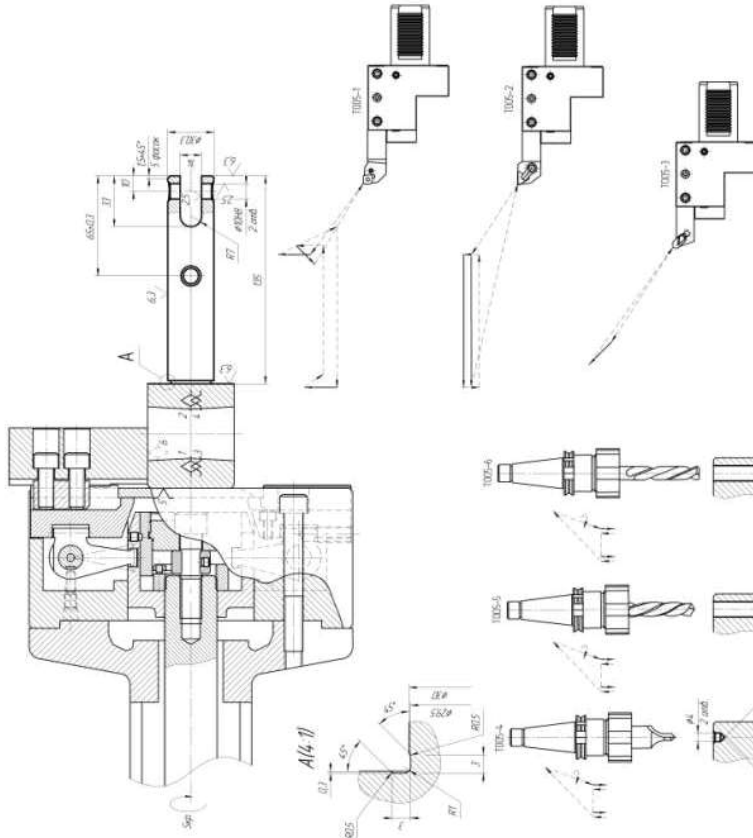
ДІПБ/МІМ/МТ-82.13.007	
Батьківщина	Україна
Місце розробки	Київ
Рік розробки	11
Інженер	М.П.С.
Проєктант	М.П.С.
Відомство	М.П.С.
Лист	11
Всього	11





ДІАГРАММА-82.0008.1

# 005. Багатоцілюва Токарно-револьверний центр з ЧПУ моделі ST-20Y

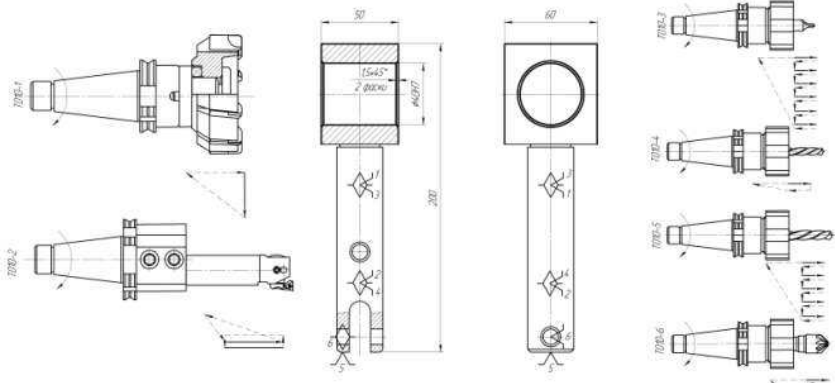


№	Назва інструменту	Матеріал	Відновлення	Відносний вартість	Вартість	Відносний вартість	Вартість
TOX-1	Сверло 10x10x100	СВ	10	0,3	22	0,01	0,18
TOX-2	Сверло 12x12x100	СВ	12	0,3	800	0,02	10
TOX-3	Сверло 16x16x100	СВ	16	0,3	276	0,01	0,06
TOX-4	Сверло 20x20x100	СВ	20	0,3	492	0,01	0,3
TOX-5	Сверло 25x25x100	СВ	25	0,3	659	0,01	0,36
TOX-6	Сверло 30x30x100	СВ	30	0,3	800	0,01	0,01
TOX-7	Сверло 36x36x100	СВ	36	0,3	659	0,01	0,022
TOX-8	Сверло 40x40x100	СВ	40	0,3	659	0,01	0,01
TOX-9	Сверло 45x45x100	СВ	45	0,3	659	0,01	0,01
TOX-10	Сверло 50x50x100	СВ	50	0,3	659	0,01	0,01
TOX-11	Сверло 55x55x100	СВ	55	0,3	659	0,01	0,01
TOX-12	Сверло 60x60x100	СВ	60	0,3	659	0,01	0,01
TOX-13	Сверло 65x65x100	СВ	65	0,3	659	0,01	0,01
TOX-14	Сверло 70x70x100	СВ	70	0,3	659	0,01	0,01
TOX-15	Сверло 75x75x100	СВ	75	0,3	659	0,01	0,01
TOX-16	Сверло 80x80x100	СВ	80	0,3	659	0,01	0,01
TOX-17	Сверло 85x85x100	СВ	85	0,3	659	0,01	0,01
TOX-18	Сверло 90x90x100	СВ	90	0,3	659	0,01	0,01
TOX-19	Сверло 95x95x100	СВ	95	0,3	659	0,01	0,01
TOX-20	Сверло 100x100x100	СВ	100	0,3	659	0,01	0,01

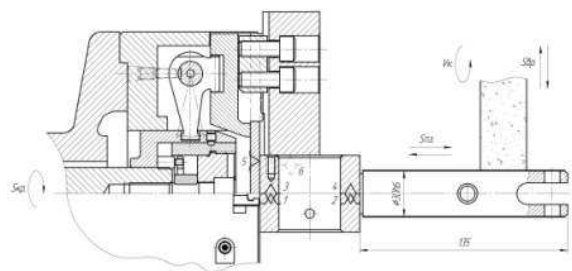
Схема виконання		Легенда до схеми	
№	Назва	№	Назва
1	Сверло	1	Сверло
2	Сверло	2	Сверло
3	Сверло	3	Сверло
4	Сверло	4	Сверло
5	Сверло	5	Сверло
6	Сверло	6	Сверло
7	Сверло	7	Сверло
8	Сверло	8	Сверло
9	Сверло	9	Сверло
10	Сверло	10	Сверло
11	Сверло	11	Сверло
12	Сверло	12	Сверло
13	Сверло	13	Сверло
14	Сверло	14	Сверло
15	Сверло	15	Сверло
16	Сверло	16	Сверло
17	Сверло	17	Сверло
18	Сверло	18	Сверло
19	Сверло	19	Сверло
20	Сверло	20	Сверло

ДІАГРАММА-82.0008.1

# 010. Багатоцілюва Горизонтально-фрезерний оброблюючий центр моделі ES-5-4T



# 020. Круглошліфувальна Верстат моделі 3A110B



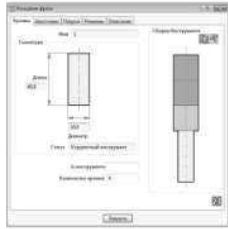
№	Назва інструменту	Матеріал	Відновлення	Відносний вартість	Вартість	Відносний вартість	Вартість
TOX-1	Сверло 10x10x100	СВ	10	0,3	47	0,01	1,6
TOX-2	Сверло 12x12x100	СВ	12	0,3	160	0,01	1,6
TOX-3	Сверло 16x16x100	СВ	16	0,3	276	0,01	1,6
TOX-4	Сверло 20x20x100	СВ	20	0,3	492	0,01	1,6
TOX-5	Сверло 25x25x100	СВ	25	0,3	659	0,01	1,6
TOX-6	Сверло 30x30x100	СВ	30	0,3	800	0,01	1,6
TOX-7	Сверло 36x36x100	СВ	36	0,3	659	0,01	1,6
TOX-8	Сверло 40x40x100	СВ	40	0,3	659	0,01	1,6
TOX-9	Сверло 45x45x100	СВ	45	0,3	659	0,01	1,6
TOX-10	Сверло 50x50x100	СВ	50	0,3	659	0,01	1,6
TOX-11	Сверло 55x55x100	СВ	55	0,3	659	0,01	1,6
TOX-12	Сверло 60x60x100	СВ	60	0,3	659	0,01	1,6
TOX-13	Сверло 65x65x100	СВ	65	0,3	659	0,01	1,6
TOX-14	Сверло 70x70x100	СВ	70	0,3	659	0,01	1,6
TOX-15	Сверло 75x75x100	СВ	75	0,3	659	0,01	1,6
TOX-16	Сверло 80x80x100	СВ	80	0,3	659	0,01	1,6
TOX-17	Сверло 85x85x100	СВ	85	0,3	659	0,01	1,6
TOX-18	Сверло 90x90x100	СВ	90	0,3	659	0,01	1,6
TOX-19	Сверло 95x95x100	СВ	95	0,3	659	0,01	1,6
TOX-20	Сверло 100x100x100	СВ	100	0,3	659	0,01	1,6

№	Назва інструменту	Матеріал	Відновлення	Відносний вартість	Вартість	Відносний вартість	Вартість
TOX-1	Сверло 10x10x100	СВ	10	0,3	47	0,01	1,6
TOX-2	Сверло 12x12x100	СВ	12	0,3	160	0,01	1,6
TOX-3	Сверло 16x16x100	СВ	16	0,3	276	0,01	1,6
TOX-4	Сверло 20x20x100	СВ	20	0,3	492	0,01	1,6
TOX-5	Сверло 25x25x100	СВ	25	0,3	659	0,01	1,6
TOX-6	Сверло 30x30x100	СВ	30	0,3	800	0,01	1,6
TOX-7	Сверло 36x36x100	СВ	36	0,3	659	0,01	1,6
TOX-8	Сверло 40x40x100	СВ	40	0,3	659	0,01	1,6
TOX-9	Сверло 45x45x100	СВ	45	0,3	659	0,01	1,6
TOX-10	Сверло 50x50x100	СВ	50	0,3	659	0,01	1,6
TOX-11	Сверло 55x55x100	СВ	55	0,3	659	0,01	1,6
TOX-12	Сверло 60x60x100	СВ	60	0,3	659	0,01	1,6
TOX-13	Сверло 65x65x100	СВ	65	0,3	659	0,01	1,6
TOX-14	Сверло 70x70x100	СВ	70	0,3	659	0,01	1,6
TOX-15	Сверло 75x75x100	СВ	75	0,3	659	0,01	1,6
TOX-16	Сверло 80x80x100	СВ	80	0,3	659	0,01	1,6
TOX-17	Сверло 85x85x100	СВ	85	0,3	659	0,01	1,6
TOX-18	Сверло 90x90x100	СВ	90	0,3	659	0,01	1,6
TOX-19	Сверло 95x95x100	СВ	95	0,3	659	0,01	1,6
TOX-20	Сверло 100x100x100	СВ	100	0,3	659	0,01	1,6

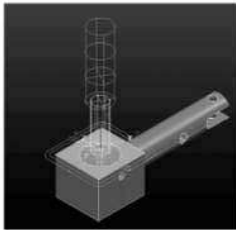
Схема виконання		Легенда до схеми	
№	Назва	№	Назва
1	Сверло	1	Сверло
2	Сверло	2	Сверло
3	Сверло	3	Сверло
4	Сверло	4	Сверло
5	Сверло	5	Сверло
6	Сверло	6	Сверло
7	Сверло	7	Сверло
8	Сверло	8	Сверло
9	Сверло	9	Сверло
10	Сверло	10	Сверло
11	Сверло	11	Сверло
12	Сверло	12	Сверло
13	Сверло	13	Сверло
14	Сверло	14	Сверло
15	Сверло	15	Сверло
16	Сверло	16	Сверло
17	Сверло	17	Сверло
18	Сверло	18	Сверло
19	Сверло	19	Сверло
20	Сверло	20	Сверло

# Проектування технологічного процесу в САМ системі Power Meel

Вікно налаштування інструмента, вибір конкретних параметрів ГПРЧІ та встановлення режимів різання для фрезерування основи



Моделювання оброблення основи

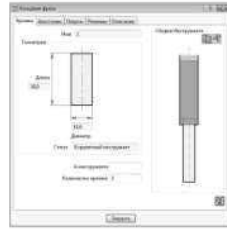


Частина коду управляючої програми керування верстатом з ЧПУ для фрезерування основи

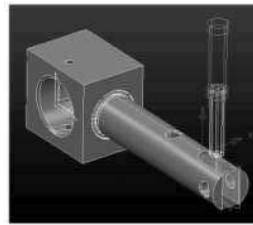
```

%
000001
M1 G90 G40 G80 G49
M2 T1 M05
M3 G00 Z54
M4 G43 H1
M5 Z5 M08
M6 S5000 M03
M7 X0 Y0
M8 Y-4.5
M9 Z1
M10 G01 Z6 F500
M11 Y-41 F500
M12 G00 Z10 Z1036 Y-28.5 G136 J0
M13 G01 X0 Y-36 F-1036 I036
M4 G01 X-32
M5 G02 X-30 Y-31 R1 J5
M6 G01 Y1
M7 G02 X-30 Y36 R5 J0
M8 G01 X32
M9 G00 X40 Y31 G1.5
M10 G01 Y-31
M11 G02 X32 Y-36 I-5 J0
M12 G01 X0
M13 G03 X0 Y-40 J0 I-2.45
M14 X0 Y-31 J0.45
M15 G00 X-32
M16 Y1
M17 X32
M18 Y-31
M19 X0
M20 G03 X0 Y-30 J0 I-2.45
M21 X0 Y-28 J0.45
M22 G01 X-32
M23 Y26
M24 X38
M25 Y-26
M26 X0
M27 G03 X0 Y-30 J0 I-2.45
M28 X0 Y-28 J0.45
M29 G01 X-32
M30 Y21
M31 X25
M32 Y-21
M33 X0
M34 G03 X0 Y-29 J0 I-2.45
M35 X0 Y-26 J0.45
M36 G01 X-30
M37 Y18
M38 X38
M39 Y-26
M40 X0
M41 G03 X0 Y-20 J0 I-2.45
M42 X0 Y-17 J0.45
M43 Y18
M44 X32
%
    
```

Вікно налаштування інструмента, вибір конкретних параметрів ГПРЧІ та встановлення режимів різання для фрезерування пазу



Моделювання оброблення пазу

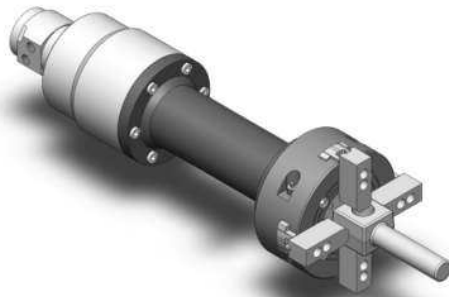
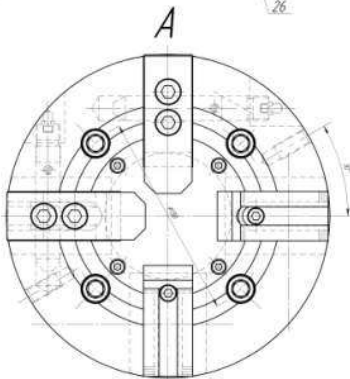
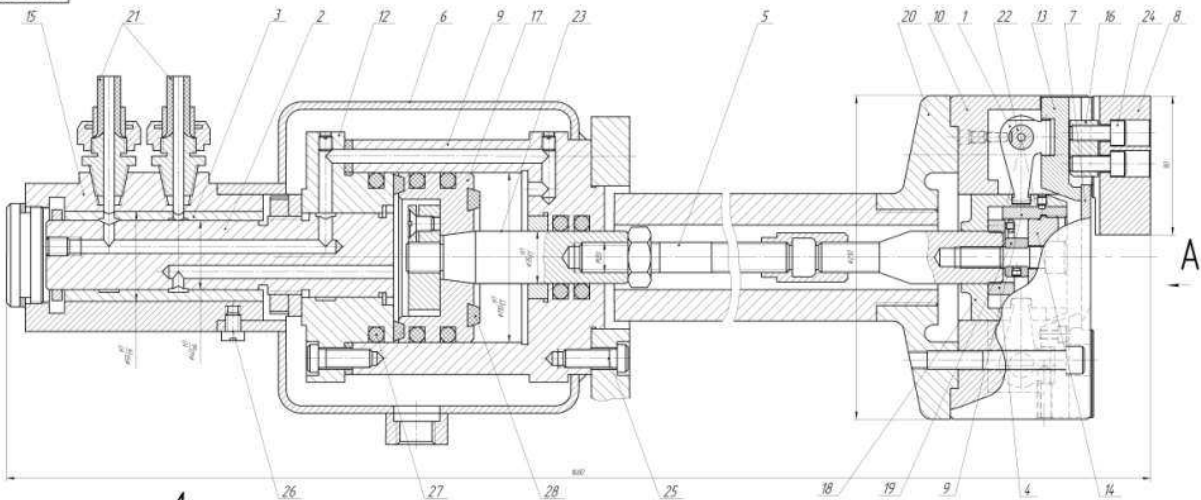


Код управляючої програми керування верстатом з ЧПУ для фрезерування пазу

```

%
000002
M1 G90 G40 G80 G49
M2 T1 M05
M3 G00 Z54
M4 G43 H1
M5 Z5 M08
M6 S5000 M03
M7 X36.5 Y0
M8 X38.25 Y3.767
M9 Z1
M10 G01 Z-28 F500
M11 X38 F3000
M12 X32.99 Y2.816
M13 X38.503 Y2.443
M14 X34.98 Y5.64
M15 X34.089 Y10.99
M16 X32.682 Y1
M17 Y2.816
M18 X36.64 Y9.17
M19 X32.23 Y5.55
M20 X36.78 Y5
M21 X3.204 Y-36.6
M22 X6.645 Y-37.97
M23 X3.204 Y-36.6
M24 X32.682 Y-1
M25 X34.089 Y-11
M26 X32.23 Y-14.07
M27 X36.903 Y-2.443
M28 X37.299 Y-2.816
M29 Y38 I-1.78
M30 G03 Z5
M31 M05
M32 G00 Z529 X0 Y0
M33 M09
M34 M30
%
    
```

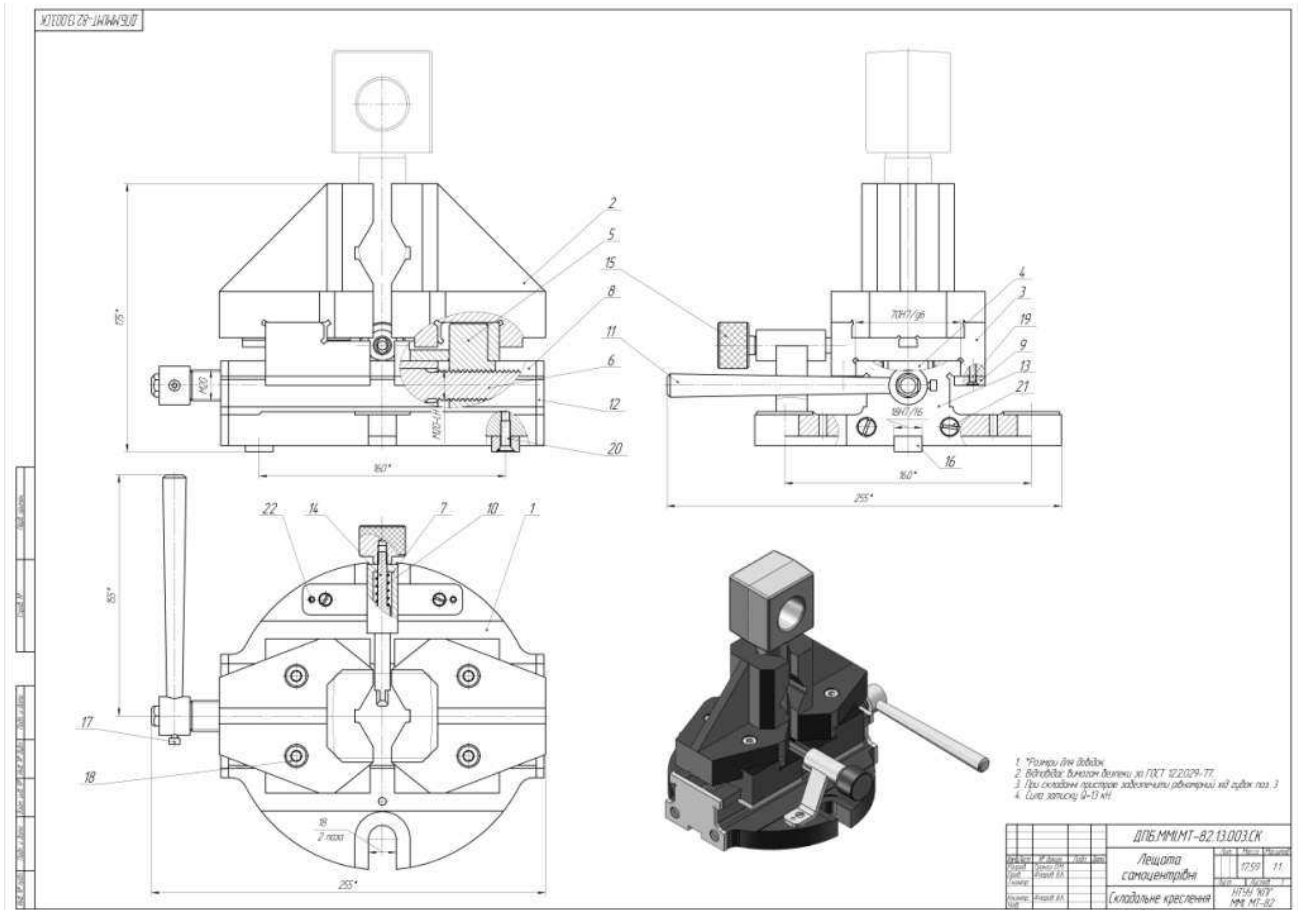
ДІПБ.ММ.МТ-82.13.009					
№ п/п	М.Визнач.	М.Вибір	М.Відр.	М.Змін.	М.Зам.
1	Проектування технологічного процесу в САМ системі				11
2	МТ-82				
3	МТ-82				
4	МТ-82				



1. Сила затиску  $F = 850 \text{ Н}$
2. Підвищити тиск в камері  $P = 2 \text{ МПа}$
3. Підвищити тиск в камері інструменту  $P = 2 \text{ ГПа}$

ДІПБ.ММ.МТ-82.13.002.СК					
№ п/п	М.Визнач.	М.Вибір	М.Відр.	М.Змін.	М.Зам.
1	Проектування технологічного процесу в САМ системі				11
2	МТ-82				
3	МТ-82				
4	МТ-82				



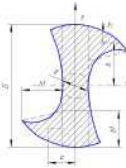


Автор дипломного проекту  
**А.М.Хомич** (захист 2012 р.)  
 Керівник проекту  
**к.т.н., доц. М.М.Гладський**

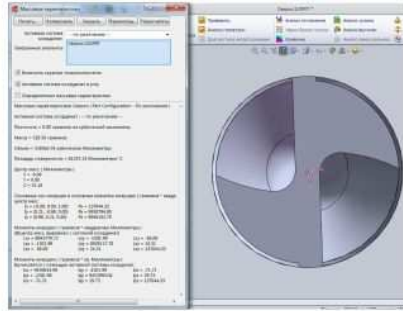
# Аналітичний розрахунок напружено-деформованого стану свердла



Повздобжний згин свердла



Поперечний переріз свердла



Розрахунок моментів інерції в програмі SolidWorks

Не враховуючи повздобжний згин свердла, повинно виконуватись умова міцності з урахуванням складного опору стиску і кручення:

$$\sigma_{max} = \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2} \leq [\sigma]$$

де  $\tau$  – дотичне напруження при крученні,  $[\sigma]$  – допустиме напруження. Допустиме напруження можна знайти за формулою:

$$\sigma = N_{max} / F, \quad \tau = M_{кр}^{max} / W_p$$

де  $W_p$  – полярний момент опору поперечного перерізу свердла,

$M_{кр}^{max}$  – максимальний крутячий момент при свердлінні.

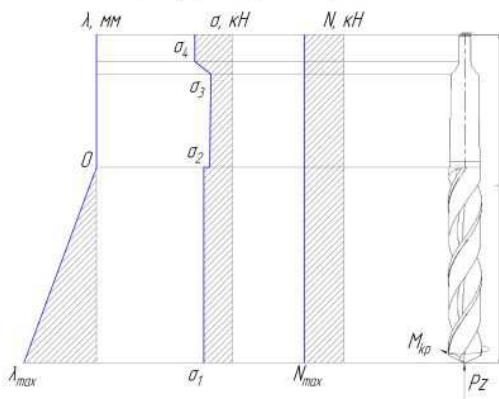
$$W_p = \frac{J_p}{D/2}, \quad J_p = J_z + J_y$$

Визначаємо відносне видовження та деформацію свердла за формулами відповідно:

$$\Delta l_i = \frac{N_i l_i}{E_i F_i}$$

$$\lambda_0 = 0; \quad \lambda_{max} = \sum \Delta l_i$$

Епюри внутрішніх зусиль свердла



$\lambda$  – епюра переміщень осі свердла в радіальному напрямі;

$\sigma$  – епюра напружень;

$N$  – епюра навантажень під дією повздобжної сили.

		ДП/6.МТ-81.19.003			
№ документа	Дата введ.	Розрахунок	Матеріал	№ документа	Дата введ.
		напружено-деформованого стану свердла			
№ змін	№ змін	№ змін	№ змін	№ змін	№ змін
		ДП/6.МТ-81.19.003			
		МТ/81.19.003			
		МТ/81.19.003			
		МТ/81.19.003			

# Статичні розрахунки на міцність конструкцій в середовищі T-FLEX Аналіз

Тетраедральні кінцеві елементи, що використовуються в T-FLEX Аналіз для моделювання об'ємних тел:



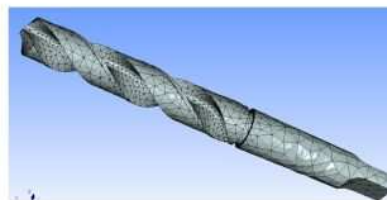
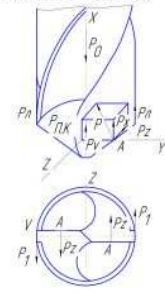
Алгоритм здійснення статичних розрахунків на міцність в системі T-FLEX Аналіз



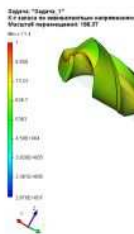
Розрахункові модулі системи T-Flex аналіз:

- ✓ Статичний аналіз
- ✓ Тепловий аналіз
- ✓ Частотний аналіз
- ✓ Аналіз стійкості

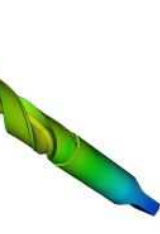
Розподілення сил на свердлі при обробці циліндричного отвору



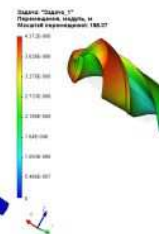
Підготовлення для розрахунку кінцево-елементна модель свердла



Коефіцієнт запасу по еквівалентним напруженням



Еквівалентне напруження



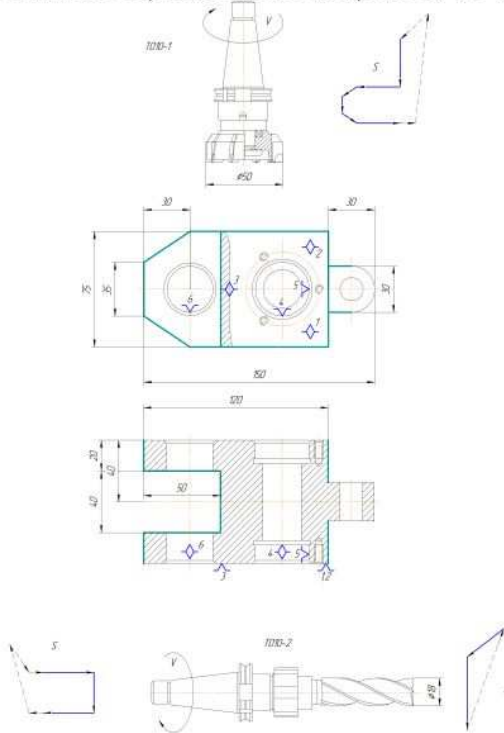
Переміщення модель

		ДП/6.МТ-81.19.001			
№ документа	Дата введ.	Аналіз	Матеріал	№ документа	Дата введ.
		напружено-деформованого стану свердла			
№ змін	№ змін	№ змін	№ змін	№ змін	№ змін
		ДП/6.МТ-81.19.001			
		МТ/81.19.001			
		МТ/81.19.001			
		МТ/81.19.001			



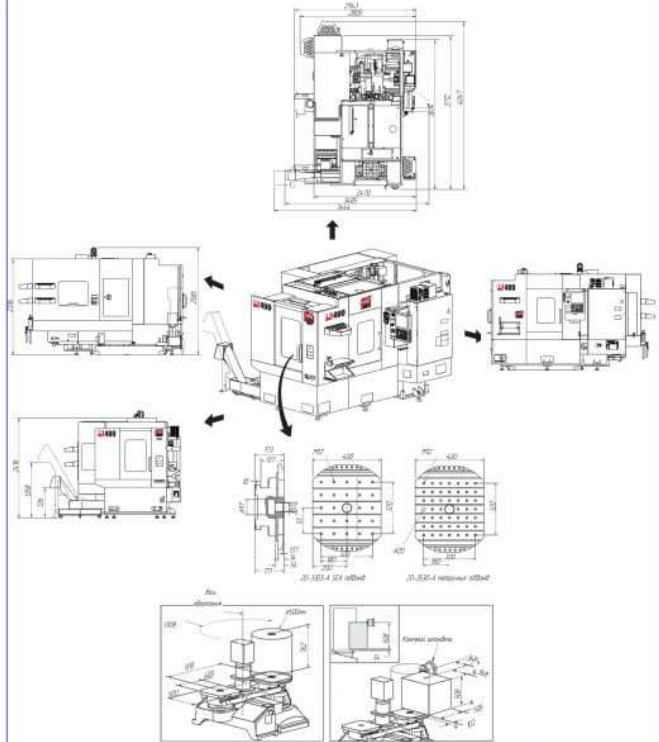
800618114910

### 010. Багатоцільова Горизонтальний оброблювальний центр моделі EC-400



№	Назва	Матеріал	К-ть	Відомості	Висота	Діаметр	Довжина	Точність
01	Багатоцільовий центр моделі EC-400	Чугун	1	T010-2	05	03	4000	56.6
02	Свердлильний центр моделі EC-400	Чугун	1	T010-2	05	03	4000	56.5
03	Свердлильний центр моделі EC-400	Чугун	1	T010-1	25	05	4000	57

### Горизонтальний оброблювальний центр EC-400

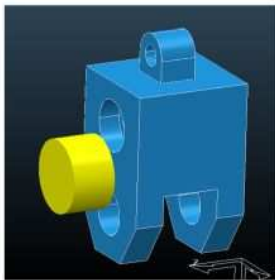


№	Назва	Матеріал	К-ть	Відомості	Висота	Діаметр	Довжина	Точність
01	Горизонтальний оброблювальний центр моделі EC-400	Чугун	1	ВТБ.МТ81.19.008	05	03	4000	56.6

200618114910

### Генерація G-коду за допомогою програми "Power MILL"

#### Перехід 005.01 Фрезерний

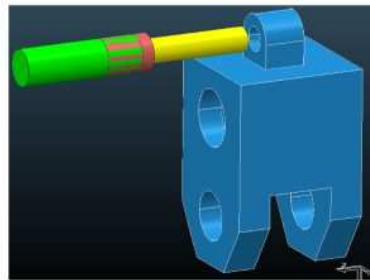


#### Частина керуючої програми:

```

04.0512      Y345.372
T01 M06      X60.804
G90          Y330.372
G043        X180.804
S200        G00 Z33
F50         M09
M08         M11
G00 Z33     M02
X180.804 Y375.372 M30
G01 Z19
X180.804 Y375.372
X60.804
Y360.372
X180.804
    
```

#### Перехід 005.04 Свердлильний

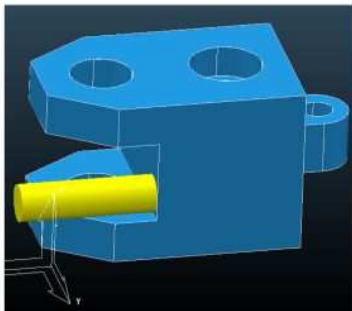


#### Частина керуючої програми:

```

0170512      X258.029
T02          Y514.414
G90          X333.029
G54         Y506.414
M03         X258.029
S200        Y498.414
F50         X333.029
G00 Z33     G00 Z33
M08         M11
X333.029 Y522.414 M09
G01 Z19     M02
X333.029 Y522.414 M30
    
```

#### Перехід 010.07 Фрезерний

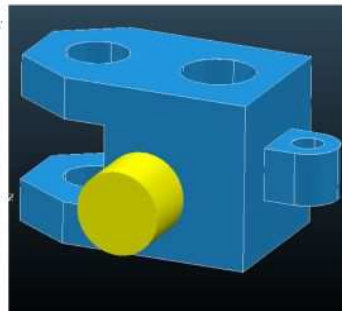


#### Частина керуючої програми:

```

0150512      Y506.414
T03 M06      X258.029
G90          Y498.414
G54         X333.029
M03         G00 Z33
S200        M11
F50         M02
G00 Z33     M30
X333.029 Y522.414
G01 Z19
X333.029 Y522.414
X258.029
Y514.414
X333.029
    
```

#### Перехід 010.03 Фрезерний



#### Частина керуючої програми:

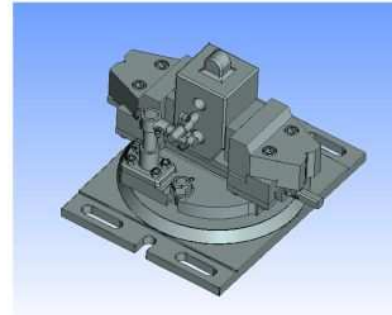
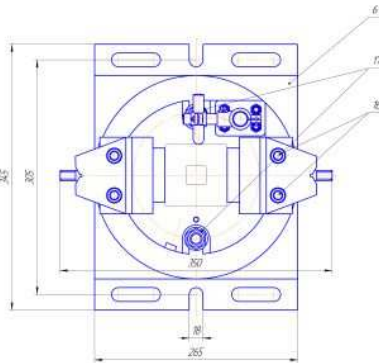
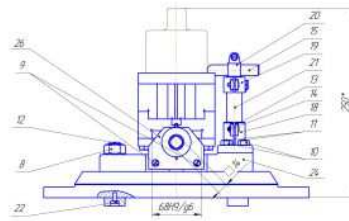
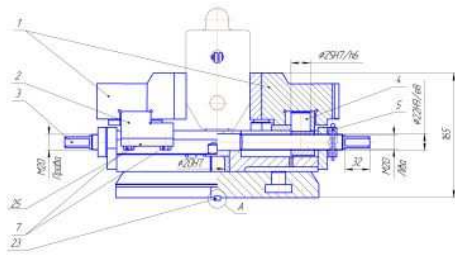
```

0160512      X258.029
T04 M06      Y514.414
G90          X333.029
G54         Y506.414
M03         X258.029
S200        Y498.414
F50         X333.029
G00 Z33     G00 Z33
M08         M09
X333.029 Y522.414 M11
G01 Z19     M02
X333.029 Y522.414 M30
    
```

№	Назва	Матеріал	К-ть	Відомості	Висота	Діаметр	Довжина	Точність
01	Генерація G-коду за допомогою програми "Power MILL"	Чугун	1	ВТБ.МТ-81.19.002	05	03	4000	56.6



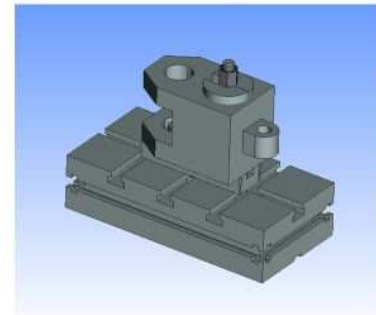
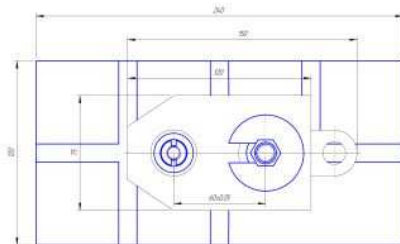
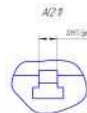
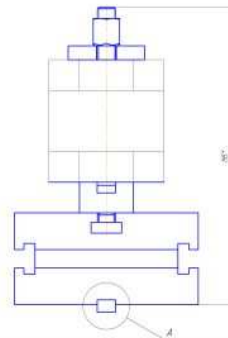
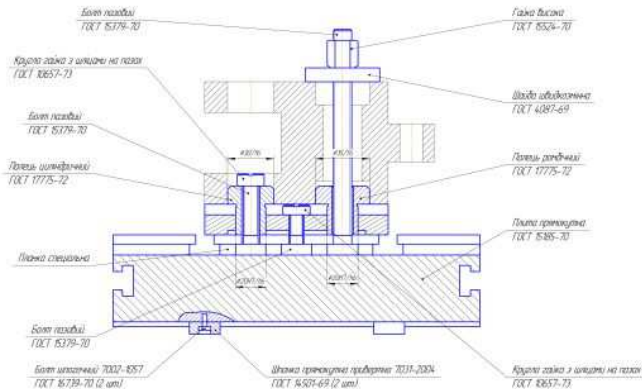
М500618-14908



- 1 - Размеры для сборки
- 2 - Сила затяжки 0,4 Н
- 3 - Диаметр резьбы направляющих деталей D=40мм

		<b>Д76.МТ-В1.19.005СК</b>			
Исполн.	М.Иван.	Дата вв.	2018.02	Лист	112
Контр.		Исполн.		Имя	Иванов
Соглас.		Соглас.		Имя	Иванов
Провер.		Провер.		Имя	Иванов
Утверд.		Утверд.		Имя	Иванов
/Складовые кресления				ИП Иванов И.И.	
Иванов				Имя И.И.	

Д76.МТ-В1.19.004.СК



- 1 - Размеры для сборки
- 2 - Сила затяжки 0,4 Н


		<b>Д76.МТ-В1.19.004.СК</b>			
Исполн.	М.Иван.	Дата вв.	2018.02	Лист	11
Контр.		Исполн.		Имя	Иванов
Соглас.		Соглас.		Имя	Иванов
Провер.		Провер.		Имя	Иванов
Утверд.		Утверд.		Имя	Иванов
/Складовые кресления				ИП Иванов И.И.	
Иванов				Имя И.И.	




# Автор дипломного проекту Д.К.Шуплєцов (захист 2014 р.) Керівник проекту к.т.н., доц. В.К.Фролов

**Силовий розрахунок гідропластових інструментальних патронів**

Всі розрахунки приведені для кінцевої фрези діаметром 20мм



Конструкція гідропластового патрону

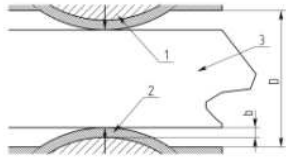


Діаметр фрези, (d) –	20,0 мм
Загальна довжина фрези, (L) –	104,0 мм
Довжина робочої частини фрези, (l) –	38,0 мм
Кількість зубців, (Z) –	6

1 - гвинт;  
2 - поршень;  
3 - ущільнення поршня;

4 - танкостінна втулка, що деформується;  
5 - камера з робочою рідиною;  
6 - гвинт для регулювання осьового положення інструмента

**Порівняння методів розрахунку**  
Розрахунок за методом Гарашкіна А.К.



1 - гідропласт  
2 - патрон  
3 - інструмент

Сила тертя в парі інструмент-втулка

$$F_{тр} = 100 \frac{2b}{D} \sqrt{\frac{2b}{D}} \delta_{нат} D, \text{ КЗС}$$

Момент тертя

$$M_{тр} = 100Db \sqrt{\frac{2b}{D}} \delta_{нат}, \text{ КЗС} \cdot \text{см}$$

*b* – товщина пружної стінки патрона, см;  
*δ<sub>нат</sub>* – натяг при закріпленні інструмента, мм;  
*D* – номінальний внутрішній діаметр патрона, см

Тоді  $\Delta D = \delta_{нат} - \delta_{max}$   
 $\Delta D = 0,002 \dots 0,0025 \text{ мм}$   
 $\delta_{max} = D_{вт.max} - D_{инстр.min}$   
 Для ІТ6 при номінальному діаметрі інструмента  $D = 20 \text{ мм}$   
 значення  $\delta_{max} = 0,013 \text{ мм}$   
 Тоді  $\Delta D$  і  $\delta_{нат}$   
 $\delta_{нат} = 0,0025 - 0,013 = -0,0105 \text{ мм.}$   
 $\delta_{нат} = -0,0105 \text{ мм.}$   
**Подальший розрахунок втрачає сенс.**

ДВБМТ-0120.2014.001А	
Сторінка заповнення виробничих інструментальних збірок	№ 11
188 4754 407 445.20	188 4754 407 445.20

### Розрахунок сили закріплення за методом

ДОННТУ [www.masters.donmtu.edu.ua](http://www.masters.donmtu.edu.ua)

$$F_{mp} = 10 \times \frac{5b}{D} \left(\frac{5b}{D}\right)^{0.5} \times \delta_{нат} \times D$$

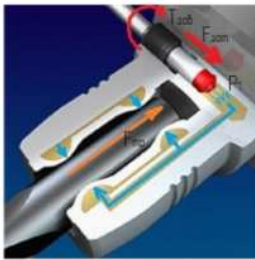
При  $D = 20$  мм,  $b = 0,4$  мм та  $\delta_{нат} = 0,5$  мм отримуємо:

$$F_{тр} = 10 \times \frac{5 \times 1,6}{20} \left(\frac{5 \times 1,6}{20}\right)^{0.5} \times 0,5 \times 20 = 3,2 \text{ Н}$$

**$F_{тр} = 3,2 \text{ Н}$**

Результат не відповідає дійсності

### Запропонований метод розрахунку сил закріплення



$F_{зат}$  – момент заздинчування,  
 $F_{зат}$  – осьова сила запуску,  
 $P1$  – тиск, що створюється поршнем,  
 $F_{тр}$  – сила тертя між оправкою та інструментом.

$$F_{тр} = F_{зат} \cdot \frac{\sum S_{кам}}{S_{упл}} \cdot f_{тр} \cdot f_{упр} \cdot f_{попр}$$

$F_{зат}$  – сила запуску;

$\sum S_{кам}$  – сумарна площа камер гідропласту;

$S_{упл}$  – площа укладання на торці поршня;

$f_{тр}$  – коефіцієнт тертя;

$f_{упр}$  – коефіцієнт пружності Пуассона;

$f_{попр}$  – поправочний коефіцієнт, що залежить від відносної площини контакту патрону і хвостовика інструмента;

Силу запуску можна розрахувати, порівнюючи момент заздинчування, що створюється робітником,  $T_{зав} = 14 F_p \cdot d$  та момент необхідний для подолання моментів опору на гвинті  $T_{зав} = 0,5 F_{зат} \cdot d^2 \cdot [\text{tg}(\Psi + \phi) + fT \cdot dcp / d^2]$

Тоді  $F_{зат} = 70 F_p$

$F_p$  – сила, що прикладає робітник;

$$f_{попр} = \frac{\Delta t - \frac{T}{2}}{\Delta t}$$

Здесь  $\Delta t$  – величина прогину пружних елементів патрона,

$T$  – зазор в парі патрон-інструмент. При  $T = 0$  коефіцієнт  $f_{попр} = 1$

При  $\Delta t = \frac{T}{2}$  коефіцієнт  $f_{попр} = 0$

Остаточно отримуємо рівняння

$$F_{тр} = 70 F_p \cdot \frac{\sum S_{кам}}{S_{упл}} \cdot f_{тр} \cdot f_{упр} \cdot f_{попр}$$

При діаметрі хвостовика інструмента 20 мм,

сил, що створює робітник  $F_p = 30 \text{ Н}$ ,

площі камер для патрона  $\varnothing 20$  мм  $S_{кам} = 1200 \text{ мм}^2$ ,

площі укладання на торці поршня  $S_{упл} = 6 \text{ мм}^2$ ,

коефіцієнти тертя  $f_{тр} = 0,2$ ,

коефіцієнти пружності Пуассона  $f_{упр} = 0,2$ ,

поправочному коефіцієнту  $f_{попр} = 0,87$ ,

$$F_{тр} = 70 \times 30 \text{ Н} \times \frac{1200 \text{ мм}^2}{6 \text{ мм}^2} \times 0,2 \times 0,2 \times 0,87$$

**$F_{тр} = 14616 \text{ Н}$**

### Розрахунок окружної складової сили різання

За довідником: Технолога-машинобудівника

під ред. А. М. Дальського, А. Г. Касилової, Р. К. Мещерякова, 2003г.

$$P_{z1} = \frac{10 \times C_p \times t^x \times S_z^y \times B^n \times z}{D^q \times n^w} \times K_{mp} \quad (1)$$

$C_p$  – коефіцієнт, що залежить від механічних властивостей оброблюваного матеріалу;

$t$  – глибина різання;  $S_z$  – подача на зуб;  $B$  – ширина різання;

$z$  – кількість зубців;  $D$  – діаметр фрези;  $n$  – частота;

За надбачальним постійником:

Ю. В. Петраков

Лабораторно-комп'ютерний практикум з теорії різання

$$P_{z2} = \frac{2^{1-k}}{\pi(2-k)} C_p S_z^{1-k} \left(\frac{H}{D_\phi}\right)^{(1-\frac{k}{2})} B z \quad (2)$$

$C_p$  і  $k$  – коефіцієнти і показник степеня, що залежать від механічних властивостей оброблюваного матеріалу;

$H$  – глибина різання;  $S_z$  – подача на зуб;  $B$  – ширина різання;

$z$  – кількість зубців;  $D_\phi$  – діаметр фрези;

За методикою:

<http://machinetools.aggress.ru/>

$$P_{z3} = C_p \times B \times z \times S_z^{0,75} \left(\frac{t}{D}\right)^q \quad (3)$$

$C_p$  – коефіцієнт, що залежать від механічних властивостей оброблюваного матеріалу;

$t$  – глибина різання;  $S_z$  – подача на зуб;  $B$  – ширина різання;

$z$  – кількість зубців;  $D$  – діаметр фрези;

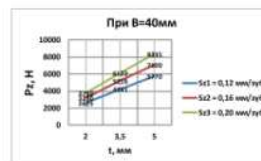
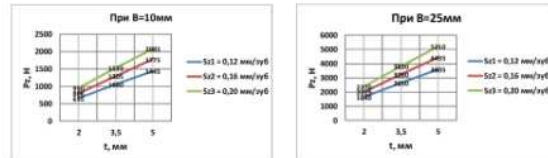


Висновки:

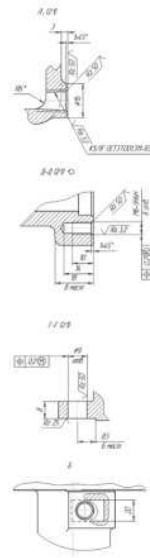
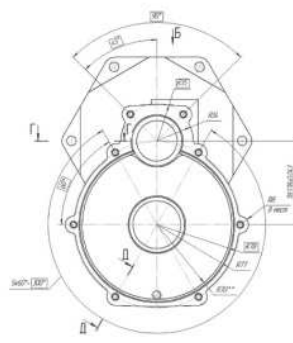
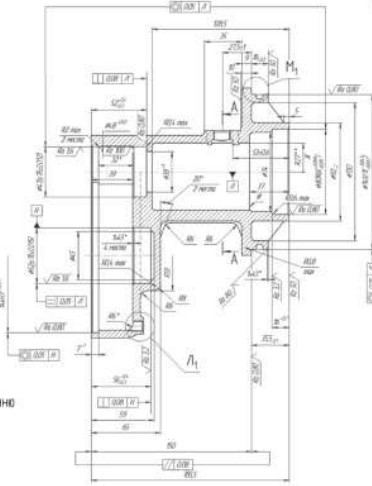
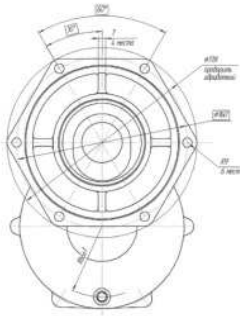
1. Зменшення окружної сили різання при збільшенні діаметра фрези і числа зубців представляється неправдоподібним. Через це використання наведених формул при порівнянні сил різання для фрез різних діаметрів неприйнятно.

2. Величини окружної сили різання, розраховані за формулою (1), є, на наш погляд, найбільш реальними. Подальші розрахунки проводимо за формулою (1).

### Залежність Pz від глибини t, подачі на зуб Sz та ширини фрезерування B



Враховуючи коефіцієнт запасу  $K=2,5$ , для надійного закріплення інструменту окружна сила різання  $P_z$  не повинна перевищувати  $F_{тр} / 2,5 = 5850 \text{ Н}$ , що має місце при фрезеруванні з шириною  $B = 40 \text{ мм}$ .



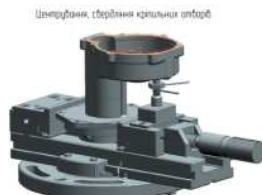
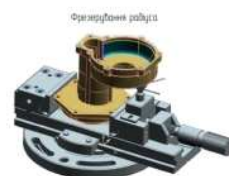
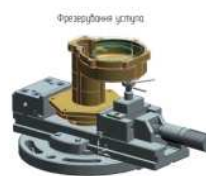
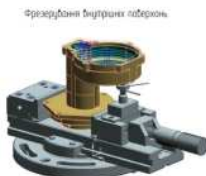
- 1. Заготовки підвернути шпичному старнню
- 2. \*Розміри для довідок
- 3. Не вказані либврі радіуси 3 мм
- 4. Не вказані либврі нахили 3°
- 5. Товщина стінок, окрім вказаних 7 мм
- 6. Границя міцності при розтягу не менше 170 Н/мм



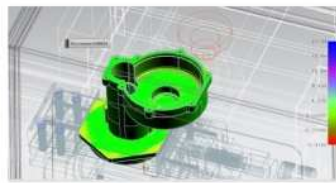
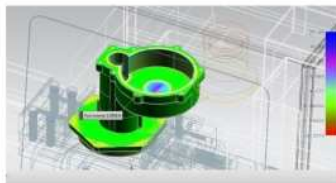
- 1. Не вказані умовні діаметри  $\varnothing$ . Не вказані радіуси діаметри 5мм
- 2. Заготовки повинні бути очищені від приросту, либврі по рубці відбиті вгору. Залишки либврі за висотою не більше 1мм. По периметру діаметром вказані допускається рубчик висотою не більше 1мм і товщиною не більше 5мм
- 3. На оброблених поверхнях допускається шерштя, крім приточи, що не перевищує 2/3 приточи на місцевому обробці
- 4. На необроблених поверхнях допускається окрім рубчиків з найбільшим діаметром 5мм злибврі до 1мм і кількості не більше 5 штук.
- 5. Застосовувати наступні параметри шліфування

ДП:МТ-0120.20% 004 К	
Картка:	№ 11
СІБ. ІІІІ. 1101.45	4574.101.101.01
Виробник:	Виробник: ПТ

005 з ЧПУ в програмному середовищі NX 8.5



Перевірка відсутності зарізів при обробленні

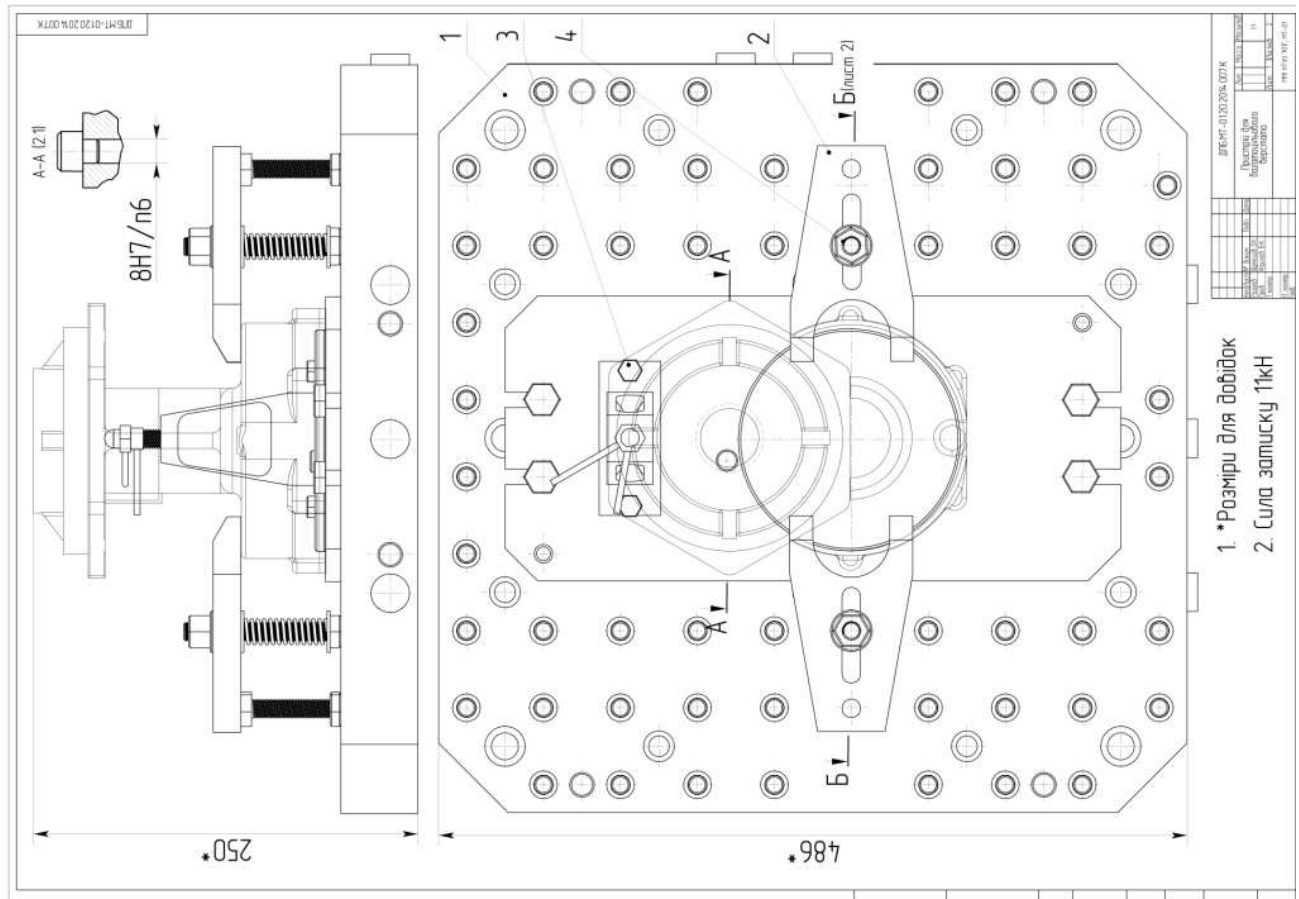


00001	N01 G01 Y23.008	N05 X109.028 Y-.189
N1 G40 D17.090 G49 G21	N02 G02 X7.209 Y01.0316 J0.0	N06 G02 X110.000 Y.20411.3211.1.902
N2 P1000 (M01)	N03 G01 X24.918 Z0.017	N07 G01 X111.248 Y.421
N3 M06	N04 X38.099 Y43.364	N08 X111.799 Y.239
N4 G01 G29 Z0.0	N05 G02 X41.076 Y44.888 Z0.001 J-8.244	N09 Y.1.09
N5 G01 G28 X0.0 Y0.0	N06 G01 X51.028 Y48.399	N10 X114.799 Y70.000
N6 G50 G53 G50	N07 X60.388 Y56.121	N11 Z3.
J TO M06	N08 G02 X86.013 Y71.262 Z0.061 J-07.812	N12 G02 Z14.
N8 TO	N09 G01 X87.402 Y74.808	N13 G49 G21
N9 G97 G90 G54	N10 G02 X116.484 Y.225 J-0.049	N14 G01 G29 Z0.0
N10 G90 G43 X247.799 Y-1.89 Z14. H93 S3000 M03	N11 G01 X128.095 Y74.908	N15 G01 G29 Z0.0 Y0.0
N11 Z3.	N12 X135.965 Y71.262	N16 G90 G53 G50
N12 G01 Z0.0 F7500 M08	N13 G02 X162.117 Y96.121 J-04.626 J-72.953	J TO M06
N13 X166.799	N14 G01 X173.667 Y48.399	N17 TO M06
N14 Y-40.888 F9000	N15 X181.42 Y44.888	N18 M30
N15 G02 X181.42 Y-48.248 I-8. J0.0	N16 G02 X196.799 Y37.31 J-2.621 J-7.009	%
N16 G02 X170.96 Y61.98	N17 G01 Y-1.09	
N17 X162.11 Y-96.902	N18 X111.799	
N18 G02 X135.885 Y-74.643 I-50.881 J07.812	N19 Y-3.019	
N19 G01 X123.095 Y-78.287	N20 X111.248 Y-3.801	
N20 Y116.484 Y-65.739	N21 X116.050 Y-3.885	
N21 G02 X106.013 Y-5.235 J0.049	N22 G02 X109.028 Y-3.182 I-64.21.885	
N22 G01 X97.402 Y-78.287	N23 G01 X109.221 Y-1.09	
N23 X88.013 Y-74.843		
N24 G02 X60.388 Y-58.002 I4.036 J72.953		
N25 G01 X51.028 Y-61.98		
N26 X41.076 Y-48.248		
N27 G02 X38.099 Y-48.925 I2.621 J7.009		
N28 G01 X24.918 Y-31.896		
N29 X7.209 Y-24.111		
N30 G02 X0.0 Y-26.439 I874 J7.972		

ДП:МТ-0120.20% 009 П	
Картка:	№ 11
СІБ. ІІІІ. 1101.45	4574.101.101.01
Виробник:	Виробник: ПТ

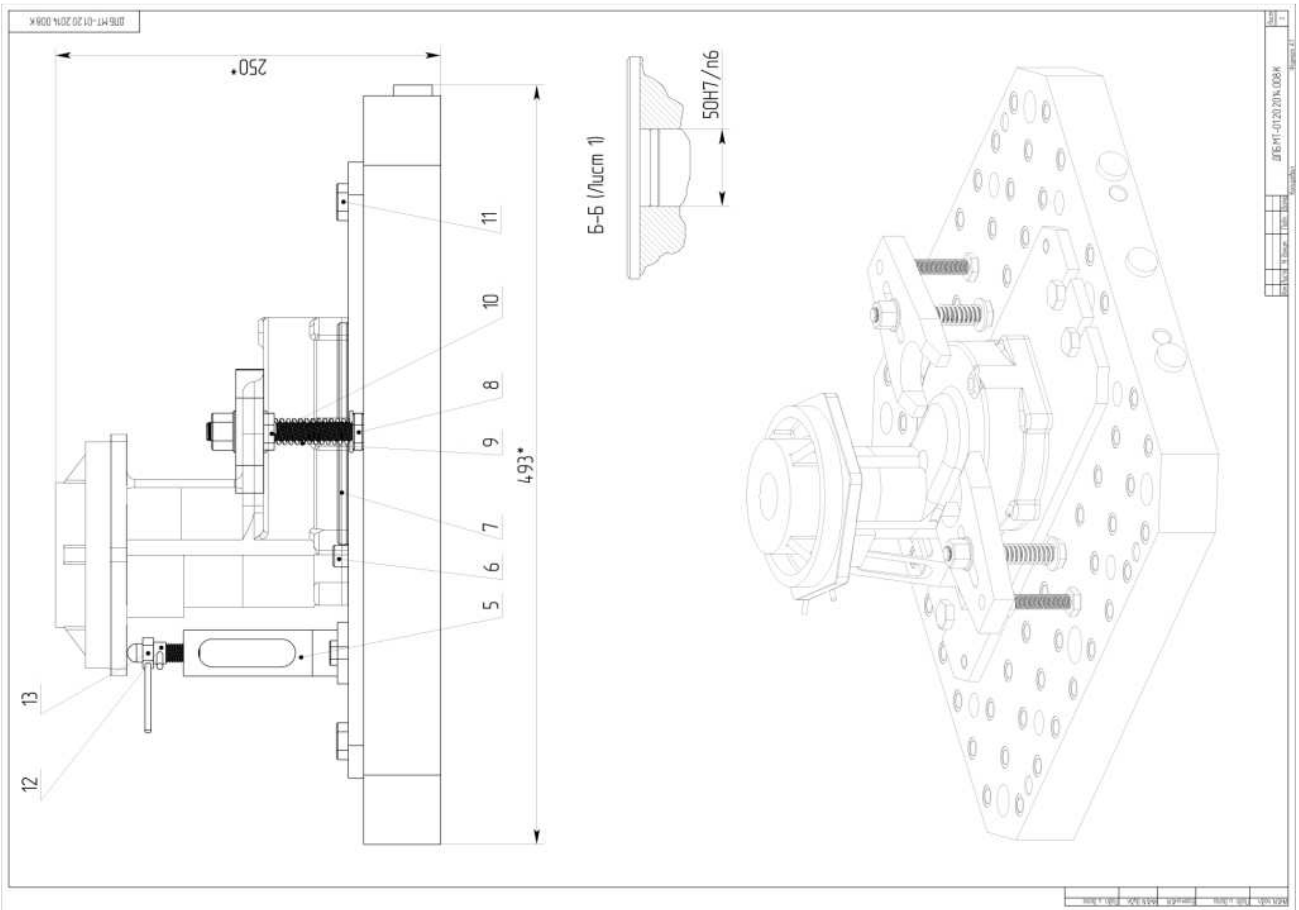


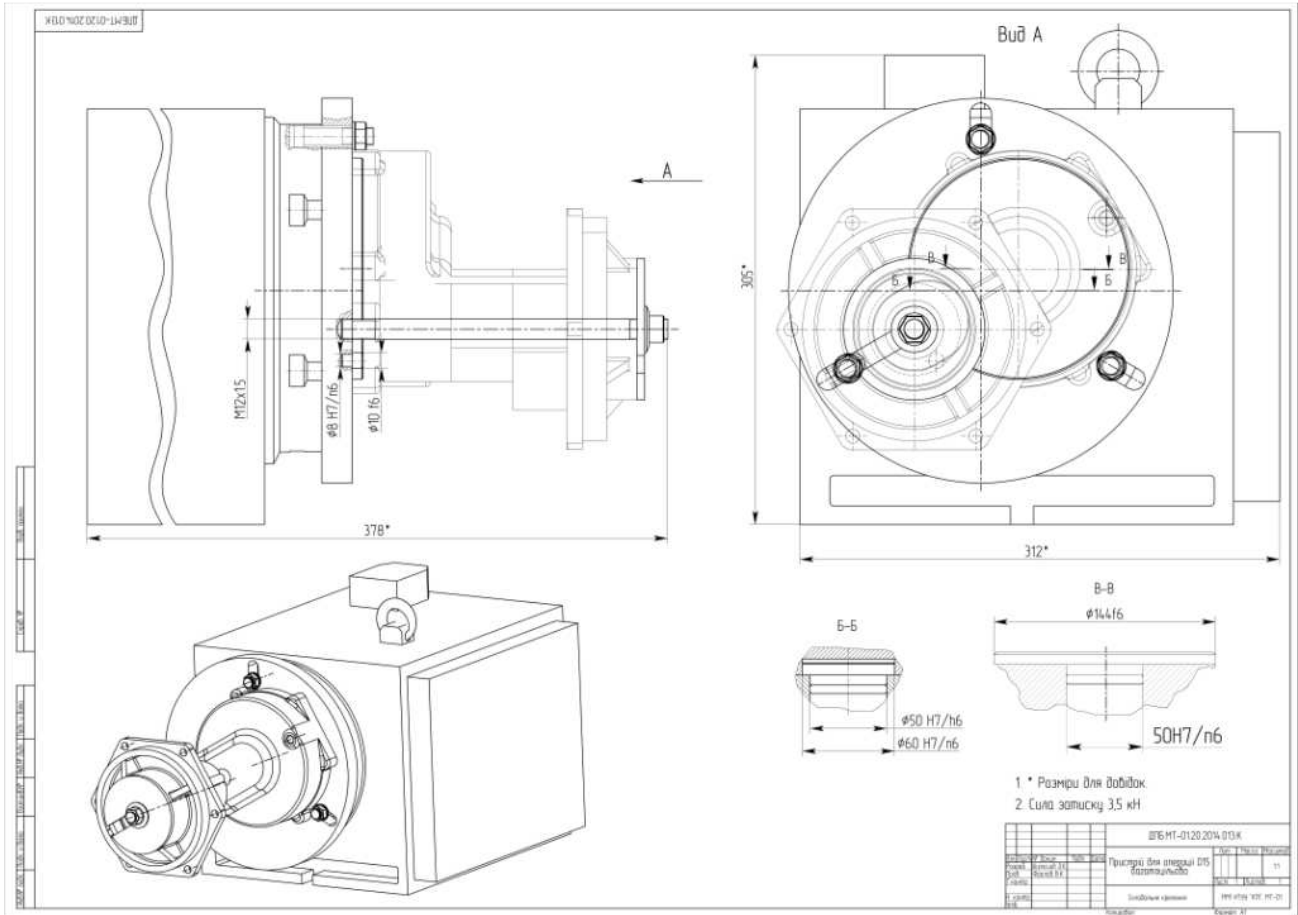




1. \*Розміри для довідок
2. Сума замовлень 1кН

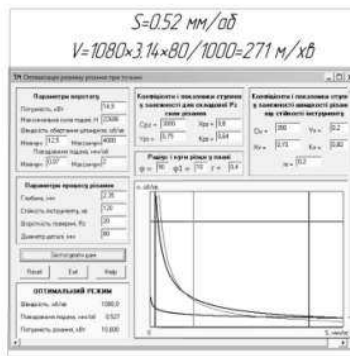
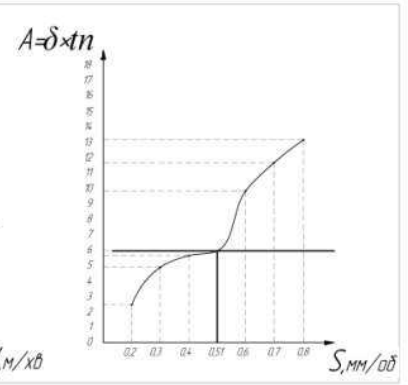
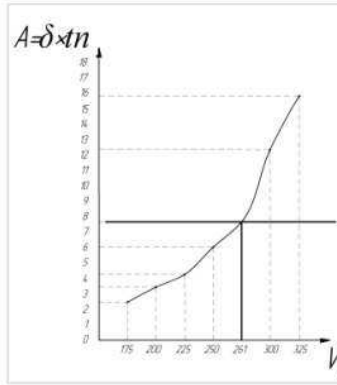
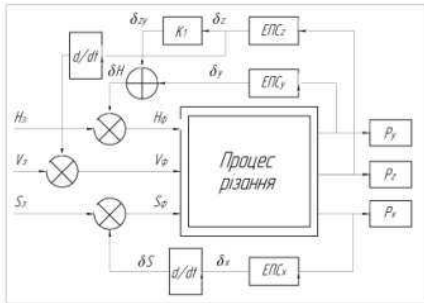
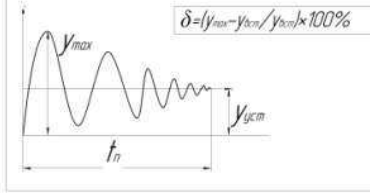
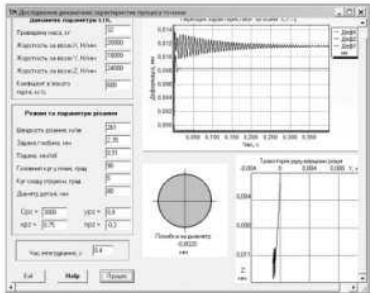
ДІП/МТ-01/20/2014.001/К	
№ документа	11
Дата виходу	11
№ документа	11
Дата виходу	11
№ документа	11
Дата виходу	11



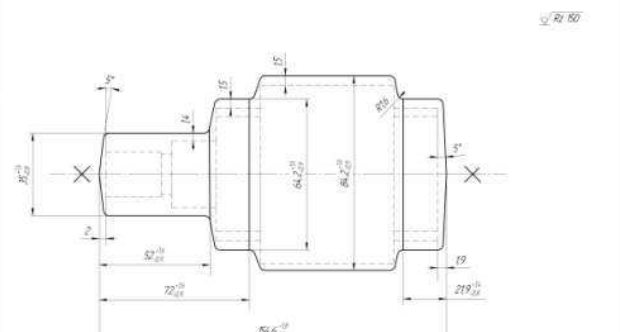
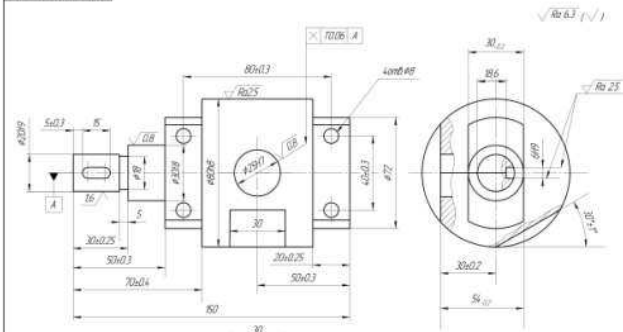


Автор дипломного проекту  
**О.В.Потапов** (захист 2012 р.)  
 Керівник проекту  
**к.т.н., ст.викл. Ю.В.Лашина**

### Залежність динамічних характеристик процесу точіння

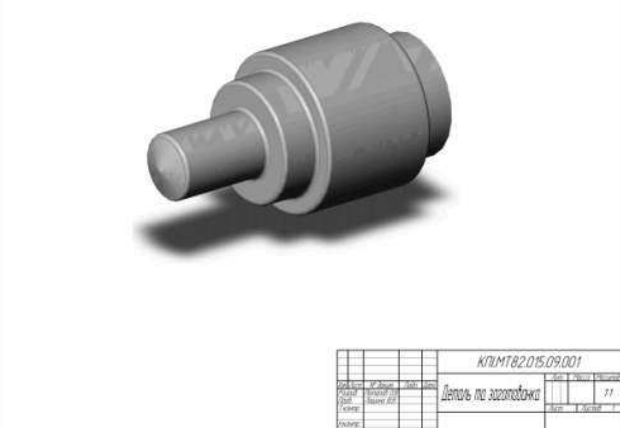
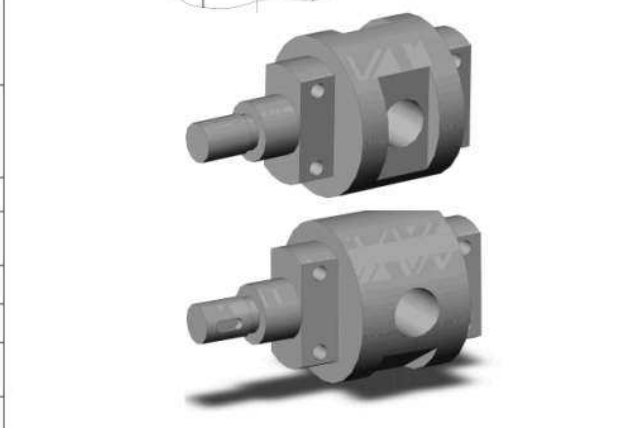


КІЛМТ82.015.09.010	
Вид	11
Матеріал	
Група	
Клас	
Група	
Клас	



Не вказані зразки відхилення отворів H7, вказані H7k, вер. = 1/14/2

1. Не вказані зразки відхилення по = 1/14/2
2. Радіуси закруглення надрізків по вилученню кутів R16 не
3. Шліфувальні шліфи не вказані, передбачити 5°
4. Не виконувати розробку
5. Шліфувальні шліфи повинні бути шліфувальні (2 шліфувальні шліфи 13, група шліфів 12 по ГОСТ 7505-89)

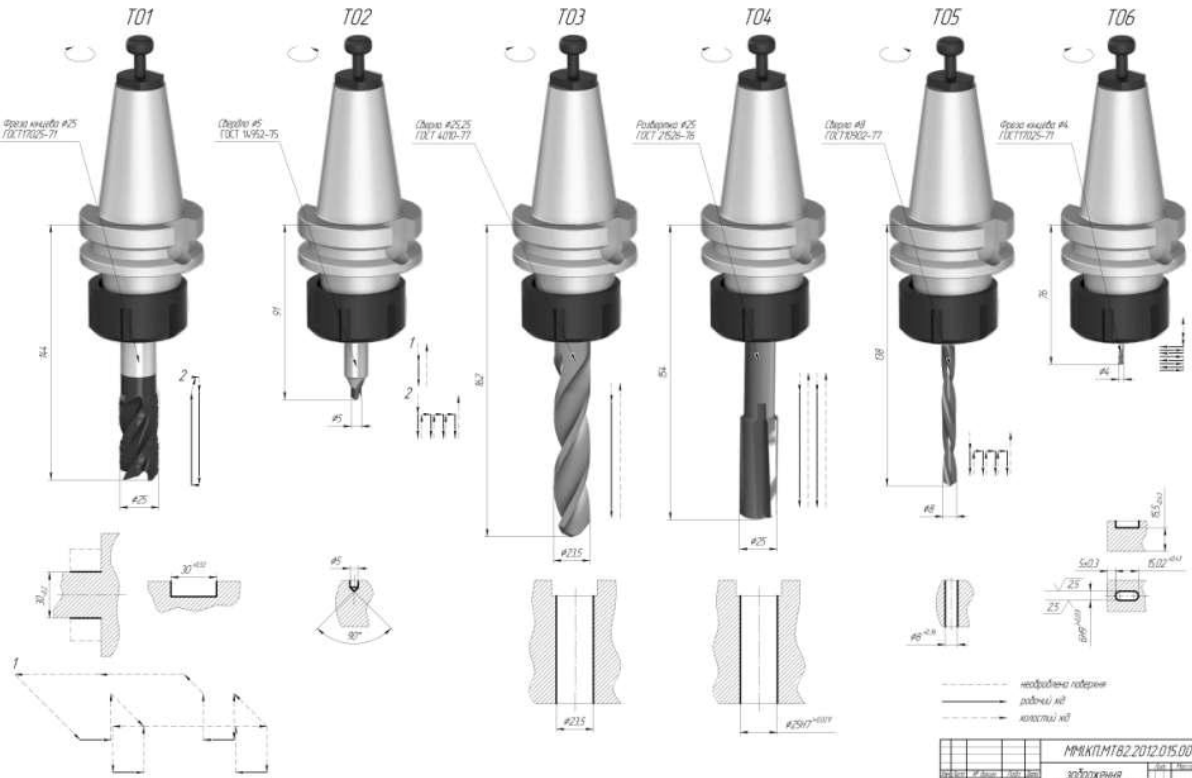


КІЛМТ82.015.09.001	
Вид	11
Матеріал	
Група	
Клас	
Група	
Клас	





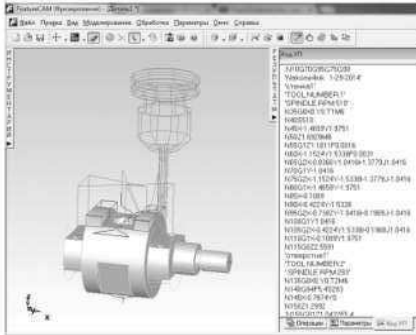
**зображення технологічних операцій виготовлення деталі "Наконечник"**



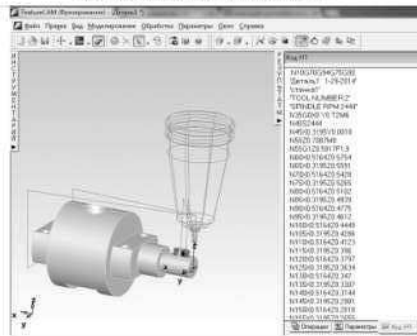
№		МР.КП.МТ8.2.012.015.004	
назва		зображення	
автор		технологічний проєкт	
дата		11	
версія		1	
матеріал		НТ-99-КП	
деталь		деталь	
контур		контур	
масштаб		1:1	

**Виконавча програма для ЧПУ в FeatureCAM**

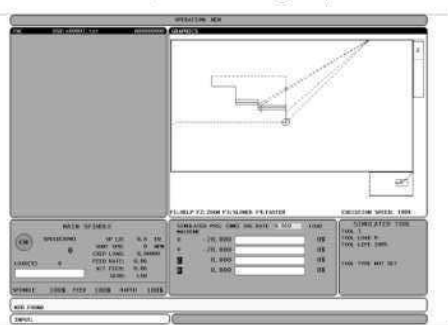
Приклад фрезерної операції O15 положення Б



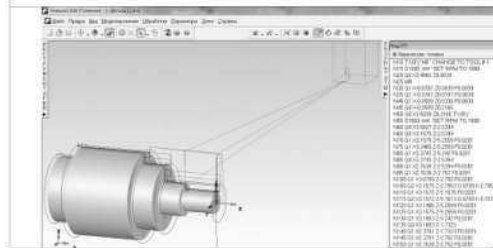
Приклад фрезерної операції O20



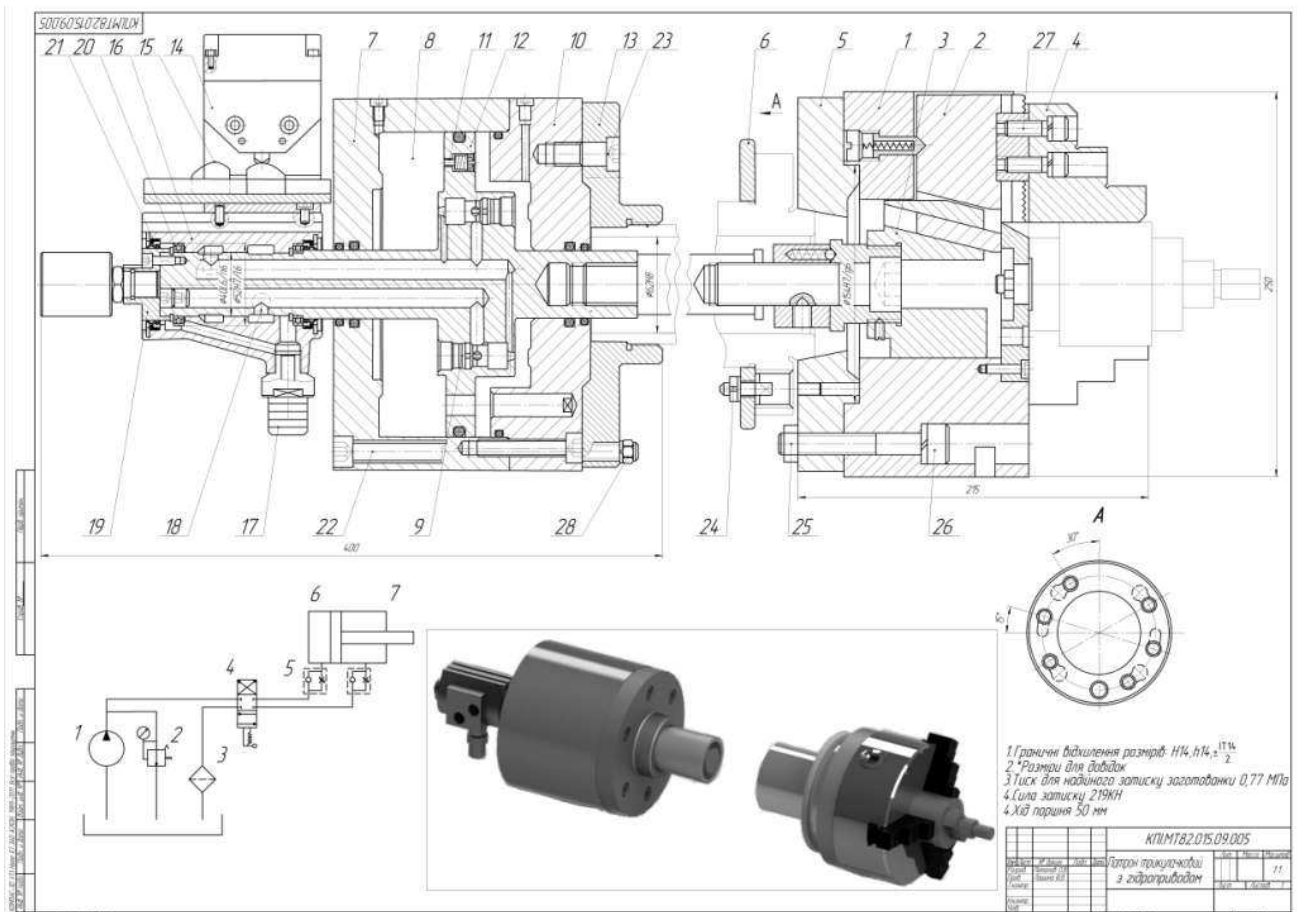
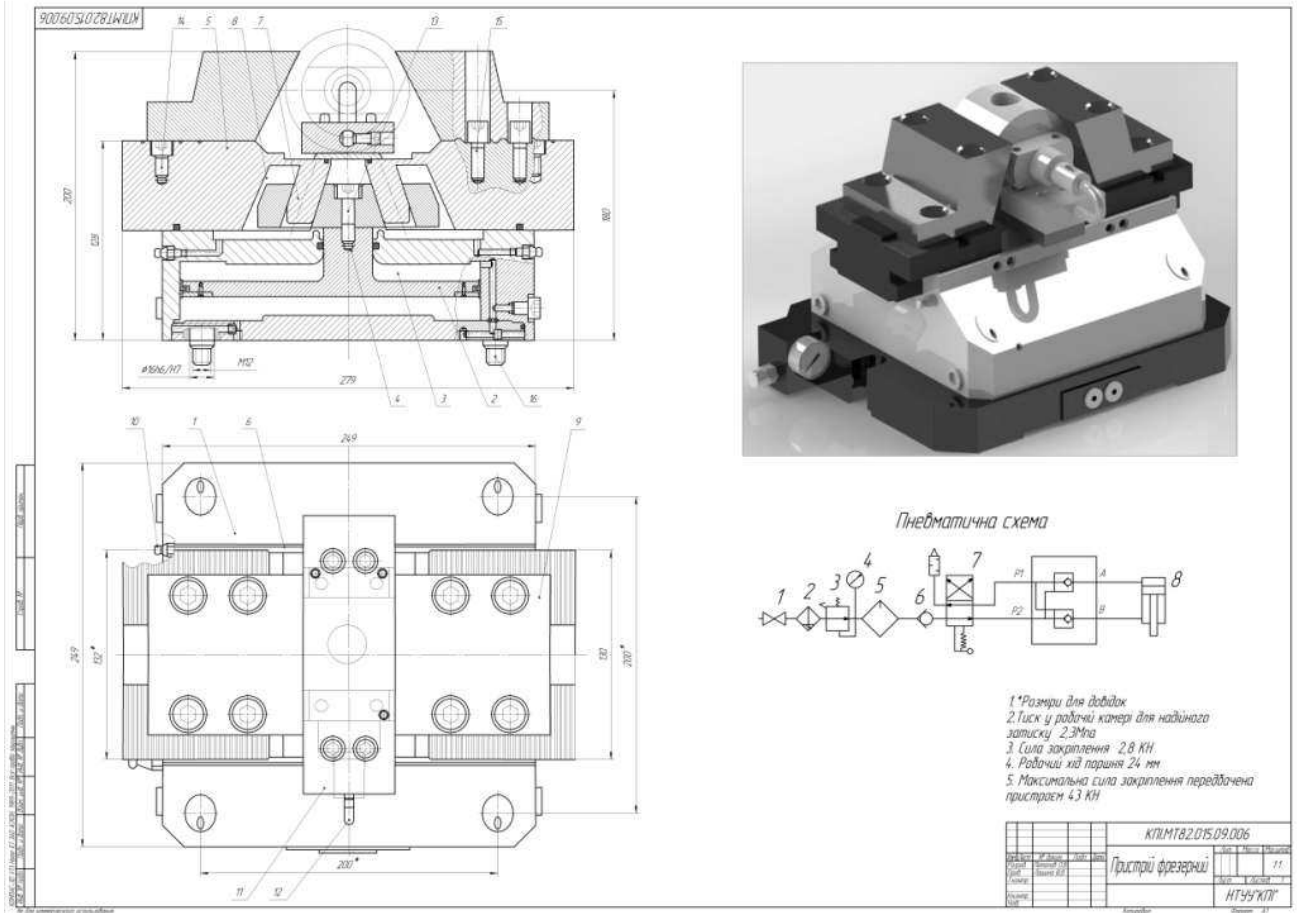
Приклад виконання операції O05 на симуляторі HAAS ST-20

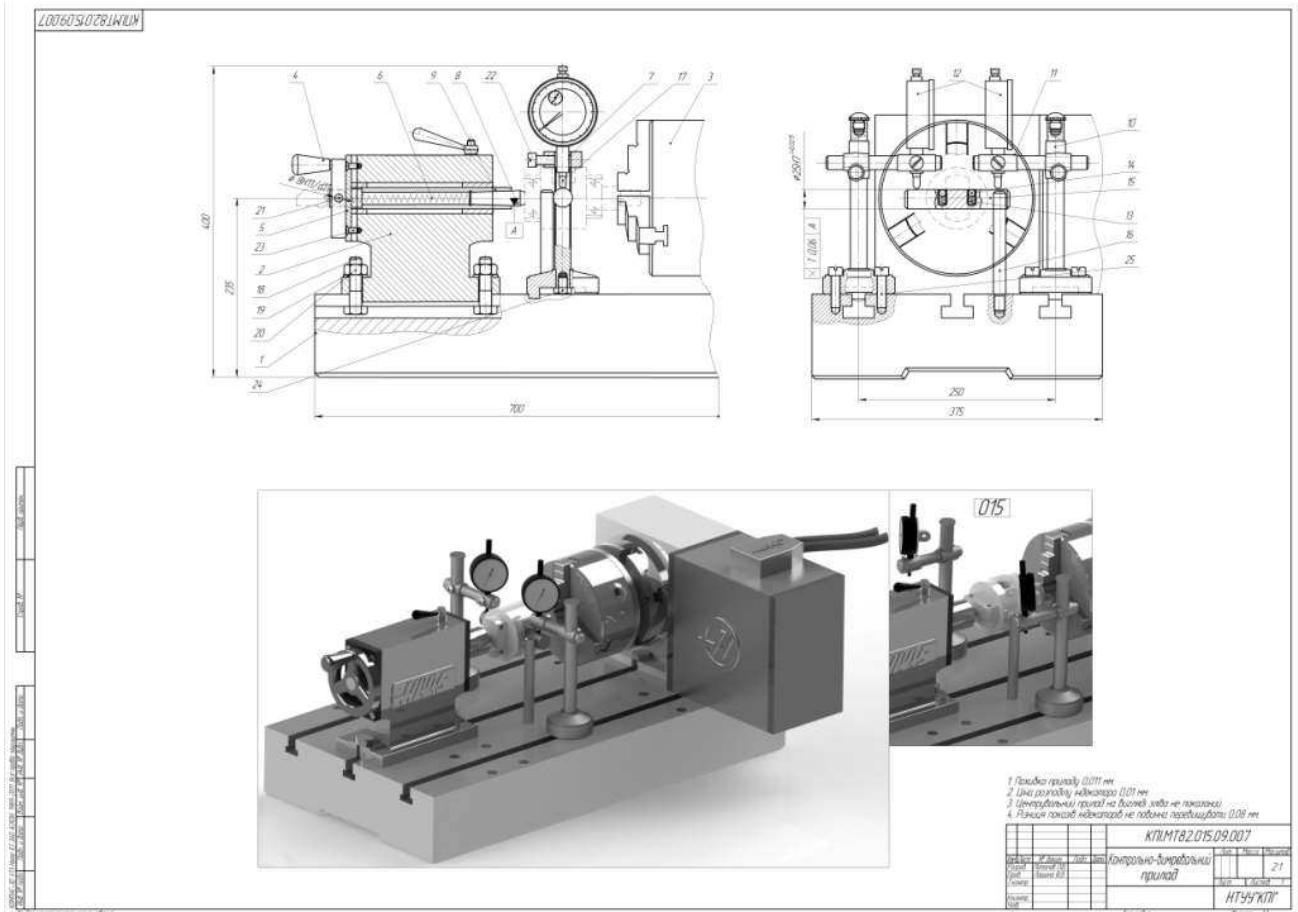


Приклад токарної операції O05



№		КП.МТ8.2.015.09.008	
назва		Виконавча програма	
автор		для ЧПУ	
дата		11	
версія		1	
матеріал		НТ-99-КП	
деталь		деталь	
контур		контур	
масштаб		1:1	





Автор дипломного проекту  
**І.М.Бродяк** (захист 2013 р.)  
 Керівник проекту  
**к.т.н., доц. В.К.Фролов**







Верстат токарно-гвинтаризний РТ2548



Рамка для обточування



Стил контрола штаків



Процес обточування



Обкатна головка



Задня двбка



Обкатна головка



Передній центр

ДІПБ МММТ-92.003.003		Лист 11	
Матеріал	Сталь 45	Аналіз виробничих даних	11
Категорія	Розкатні	Діаметр	1075 мм
Середня	Розкатні	Розкатні	199 МТ-92
Класифікація	Розкатні	Класифікація	Розкатні



Барштанга на верстаті



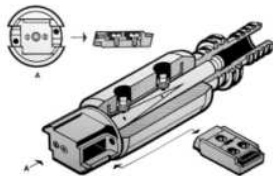
Чорна розточувальна головка (загальний вигляд)



Заготовка, встановлена на лінеті



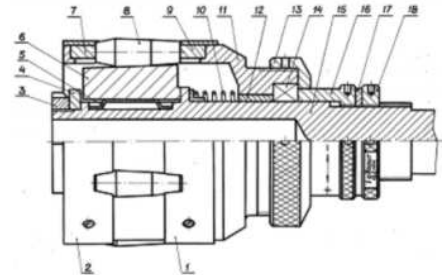
Чиста розкатна головка



Чорна розточувальна головка (конструкція)



Розкатна головка (загальний вигляд)



Будова розкатника

- 1, 2 - обійми;
- 3, 13 - гайки;
- 16, 18 - гайки якими регулюється діаметральне положення роликів;
- 4, 17 - шайби;
- 5, 10 - пружини;
- 6 - опорний конус;
- 7 19 - сухарі;
- 8 - деформуючий ролик;

- 11 - сепаратор;
- 12 - втулка;
- 14 - опорний підшипник;
- 15 - вал (оправка).



Чиста розточувальна головка



Верстат мод К275

ДІПБ МММТ-92.03.004		Лист 11	
Матеріал	Сталь 45	Аналіз виробничих даних	11
Категорія	Розкатні	Діаметр	1075 мм
Середня	Розкатні	Розкатні	199 МТ-92
Класифікація	Розкатні	Класифікація	Розкатні



Технологічні методи підвищення якості поверхні

Спеціальні методи

Методи змінювальної обробки поверхні

Методи підвищення стійкості поверхонь до корозії

Методи пластичної деформації

Вібраційне обкатування

Застосування інструментів з алмазу і ельбару

Електрофізичні і електрохімічні

Радіаційні

Спеціальні методи

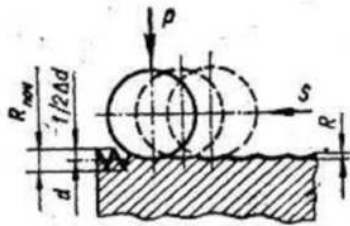
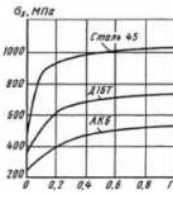
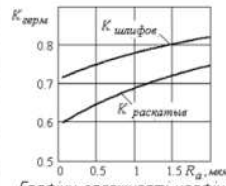


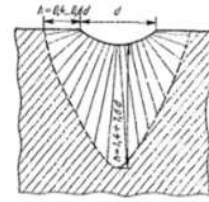
Схема деформування поверхневих нерівностей при накатуванні:  $d$  - діаметр деталі;  $\Delta d$  - залишкова деформація;  $R$  - шорсткість поверхні до накатування;  $R_{посл}$  - шорсткість після накатування;  $S$  - подача;  $P$  - зусилля деформування



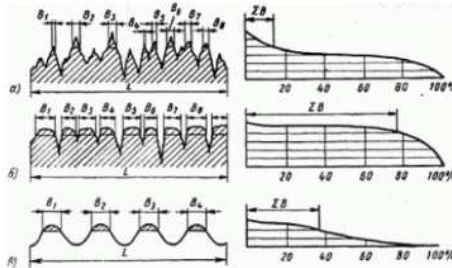
Криві зміцнення при ППД де Г-деформація зсуву



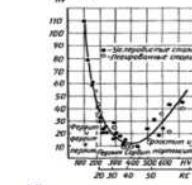
Графіки залежності коефіцієнта зниження витoku  $K_{зерт}$  від шорсткості поверхні  $R_a$



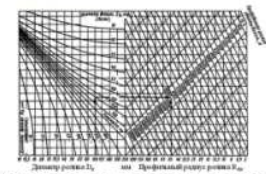
Характер поширення наклепаної зони під поверхню відбитку



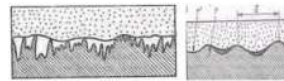
Профілограми і криві опорних поверхностей, оброблених а - точінням, б - обкатуванням, в - відробкатуванням



Міра максимального наклепу для структур металу різної твердості



Надграма для визначення зусилля обкатування і розкатування поверхонь залежно від розмірів деталі і ролика



Площа контакту  $\sigma$  в залежності від форми нерівностей: а - гостро вершинних, б - плоско вершинних;  $r, r'$  - радіуси вершин нерівностей;  $S$  - крок нерівностей

ДІПБ.М.М.МТ-92.003.005		№	Дата
Аналіз	Метод	№	Дата
Аналіз	Метод	№	Дата
Аналіз	Метод	№	Дата
Аналіз	Метод	№	Дата
Аналіз	Метод	№	Дата
Аналіз	Метод	№	Дата
Аналіз	Метод	№	Дата
Аналіз	Метод	№	Дата
Аналіз	Метод	№	Дата

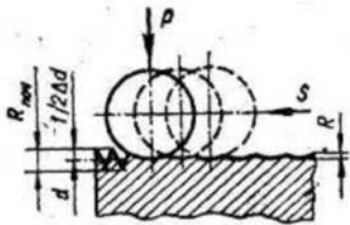
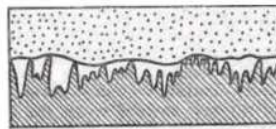
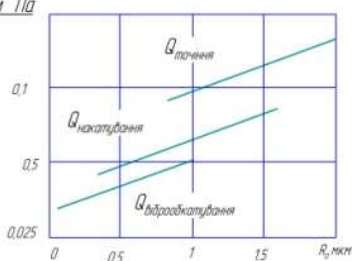


Схема деформування поверхневих нерівностей при накатуванні:  $d$  - діаметр деталі;  $\Delta d$  - залишкова деформація;  $R$  - шорсткість поверхні до накатування;  $R_{посл}$  - шорсткість після накатування;  $S$  - подача;  $P$  - зусилля деформування

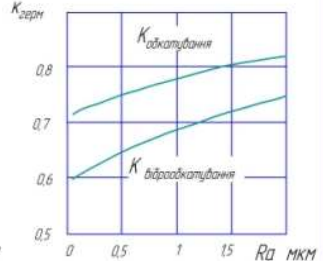


Площа контакту  $\sigma$  в залежності від форми нерівностей: а - гостровершинних, б - плосковершинних;  $r, r'$  - радіуси вершин нерівностей;  $S$  - крок нерівностей

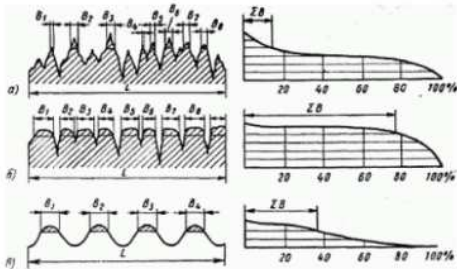
$\sigma$ , мм Па



Графіки залежності витoku  $Q$  від шорсткості поверхні  $R_a$  при різних методах оброблення внутрішніх та зовнішніх поверхонь



Графіки залежності коефіцієнта зниження витoku  $K_{зерт}$  від шорсткості поверхні  $R_a$

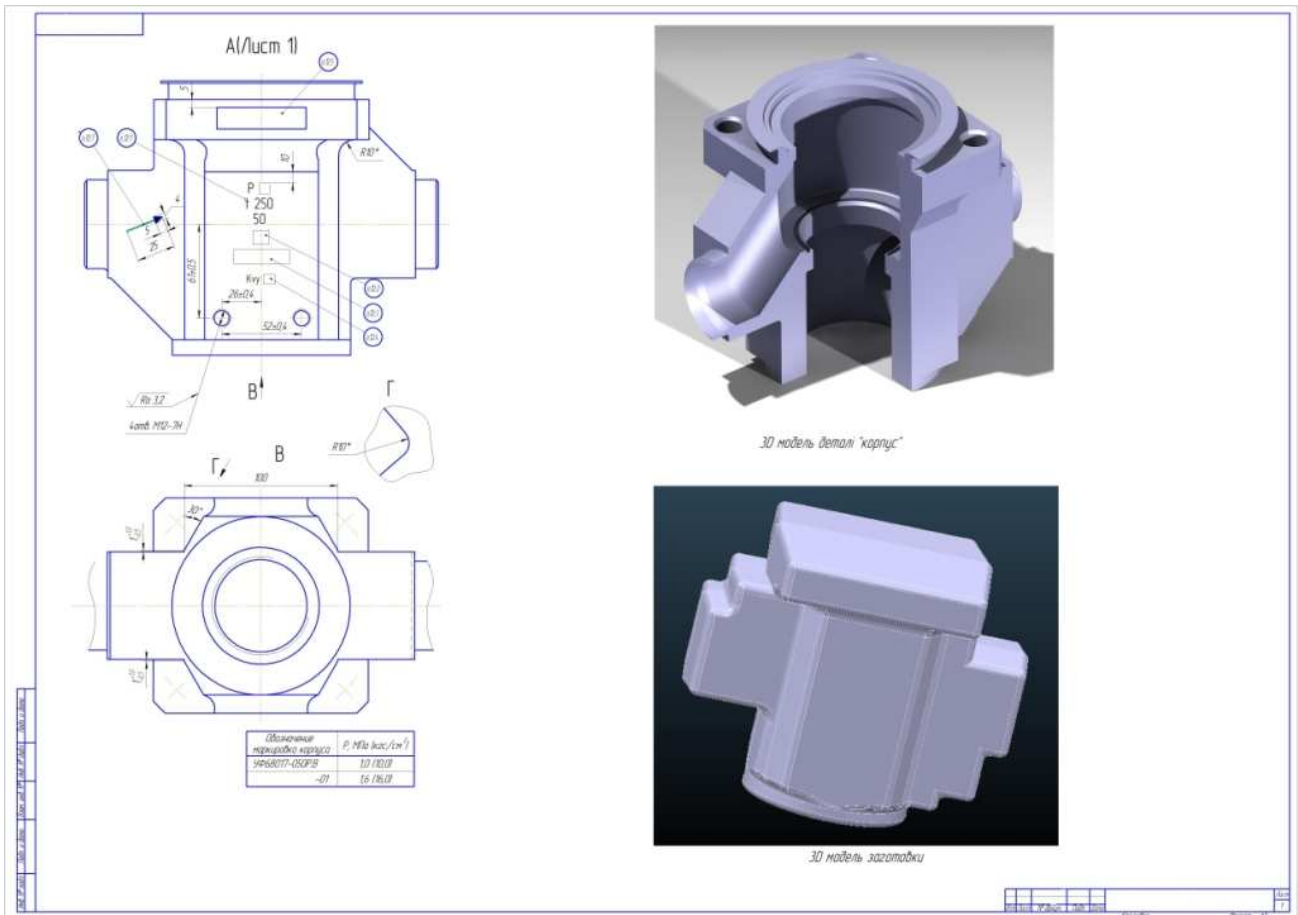
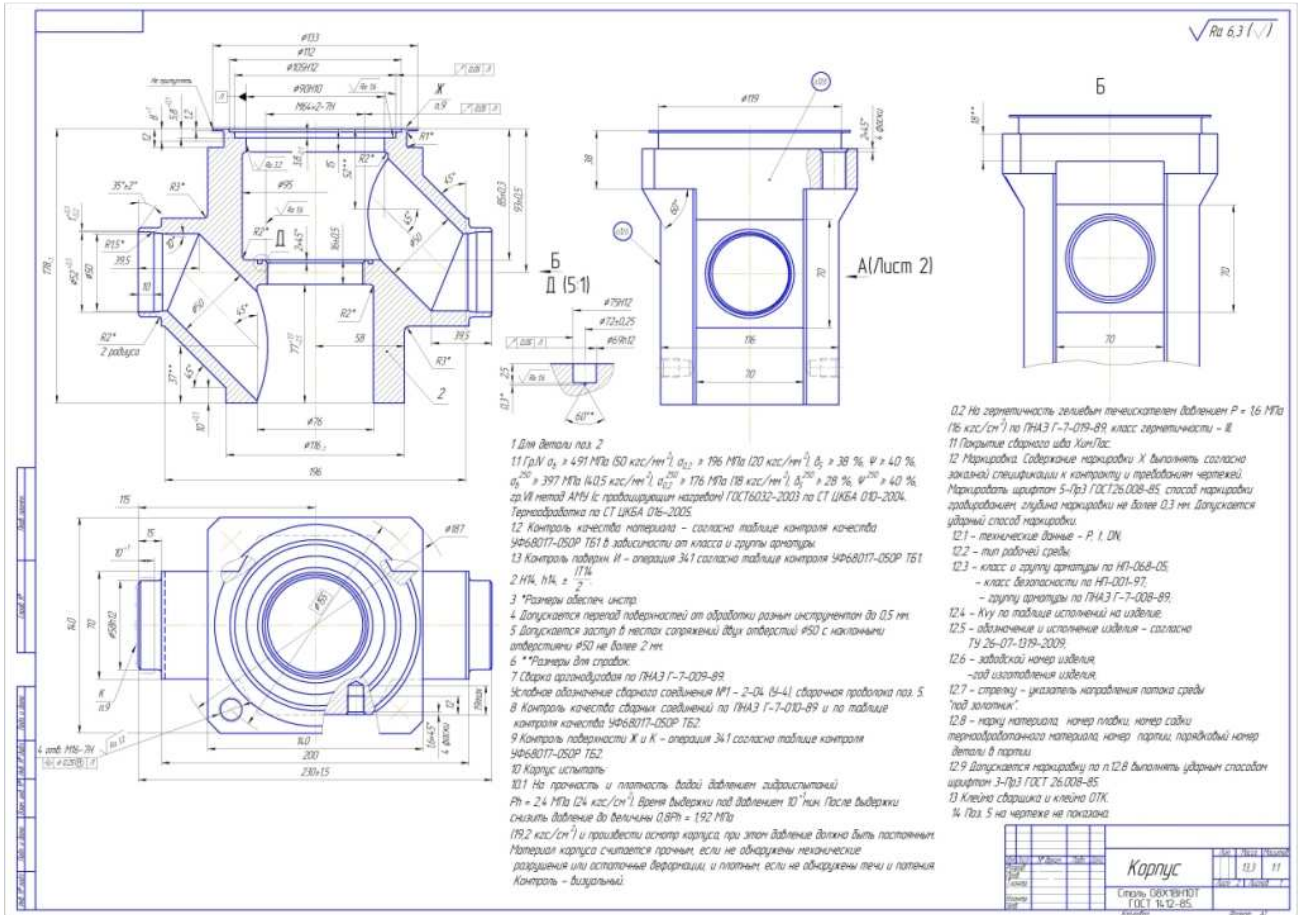


Профілограми і криві опорних поверхонь, оброблених а - точінням, б - обкатуванням, в - відробкатуванням

**Висновок:** Аналіз технологічних процесів виготовлення штовка та гільзи показав, що чорнові та чистові операції забезпечують потрібну якість відповідальних поверхонь. Але використання технології викінючого оброблення (обкатування та розкатування) не дозволяє надійно забезпечити остаточні параметри якості (точність та шорсткість).

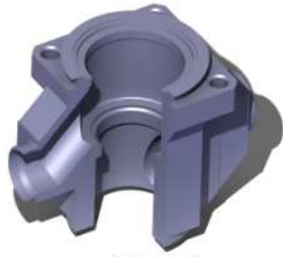
Аналіз існуючих світових технологій оброблення малошорстких деталей дозволив запропонувати спосіб викінючого оброблення - відробкатування, яке покращує точність оброблення в 1,25-1,6 раз та знижує шорсткість до  $R_a=0,16$  мкм що надійно перевищує параметри якості, вказані на кресленні.

ДІПБ.М.М.МТ-92.003.005		№	Дата
Аналіз	Метод	№	Дата
Аналіз	Метод	№	Дата
Аналіз	Метод	№	Дата
Аналіз	Метод	№	Дата
Аналіз	Метод	№	Дата
Аналіз	Метод	№	Дата
Аналіз	Метод	№	Дата
Аналіз	Метод	№	Дата
Аналіз	Метод	№	Дата

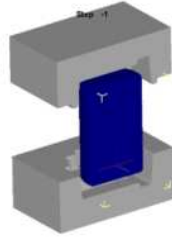




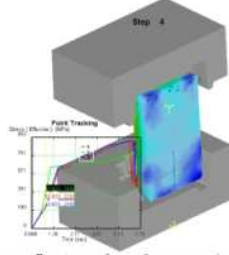
### Моделювання технології виготовлення штампованої заготовки в середовищі Deform 3D



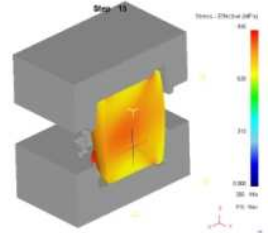
3D модель деталі



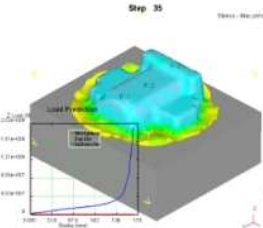
Поля інтенсивностей напружень 1 крок операції



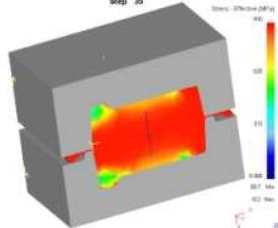
Поля інтенсивностей напружень 4 крок операції



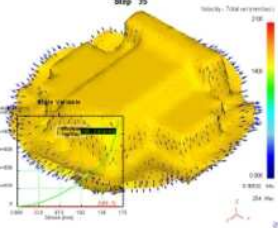
Поля інтенсивностей напружень 15 крок операції



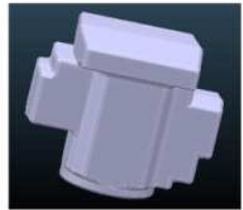
Поля інтенсивностей напружень на кнець операції та діаграма зусиль



Поля інтенсивностей напружень 35 крок операції



Напрямок течії металу



3D модель заготовки

**Вихідні дані:**

діаметр вихідної заготовки 140 мм, довжина заготовки 230 мм, матеріал заготовки – Сталь 08X18H10T, початкова температура 1200 С.

**Результати розрахунку:**

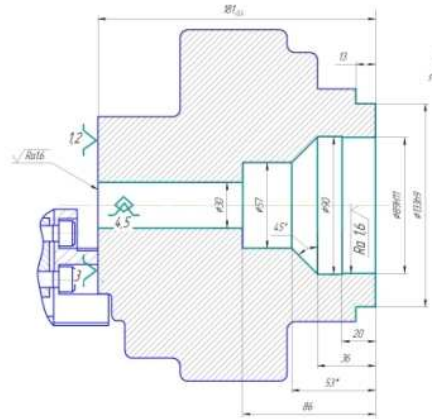
Зусилля висадки Q=2185 МПа – за дослідно-статистичним методом.

Зусилля висадки Q=18 МПа – за програмою Deform 3D

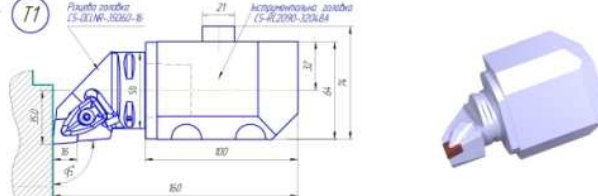
розбіжність – 214%

ДПБ.ММ.МТ-92.003.002	
Назва операції	Моделювання виготовлення заготовки в середовищі Deform 3D
Матеріал	Сталь 08X18H10T
Код операції	MT-92

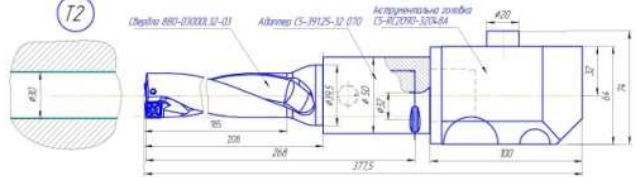
### Операція 050. Багатоцільова з ЧПК Токарний верстат з ЧПК ST-30SS



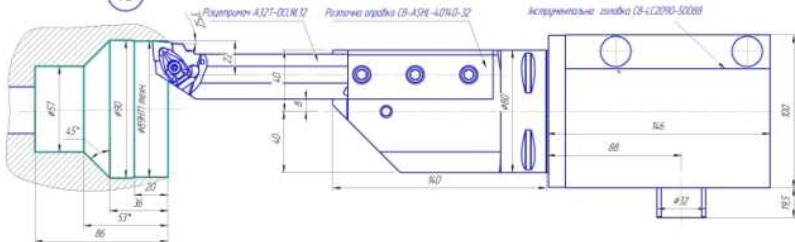
050.01 Підготувати торець та точити повб #133т9 на глибину 13



050.02 Свердлимо отвір #30т9 на всю довжину

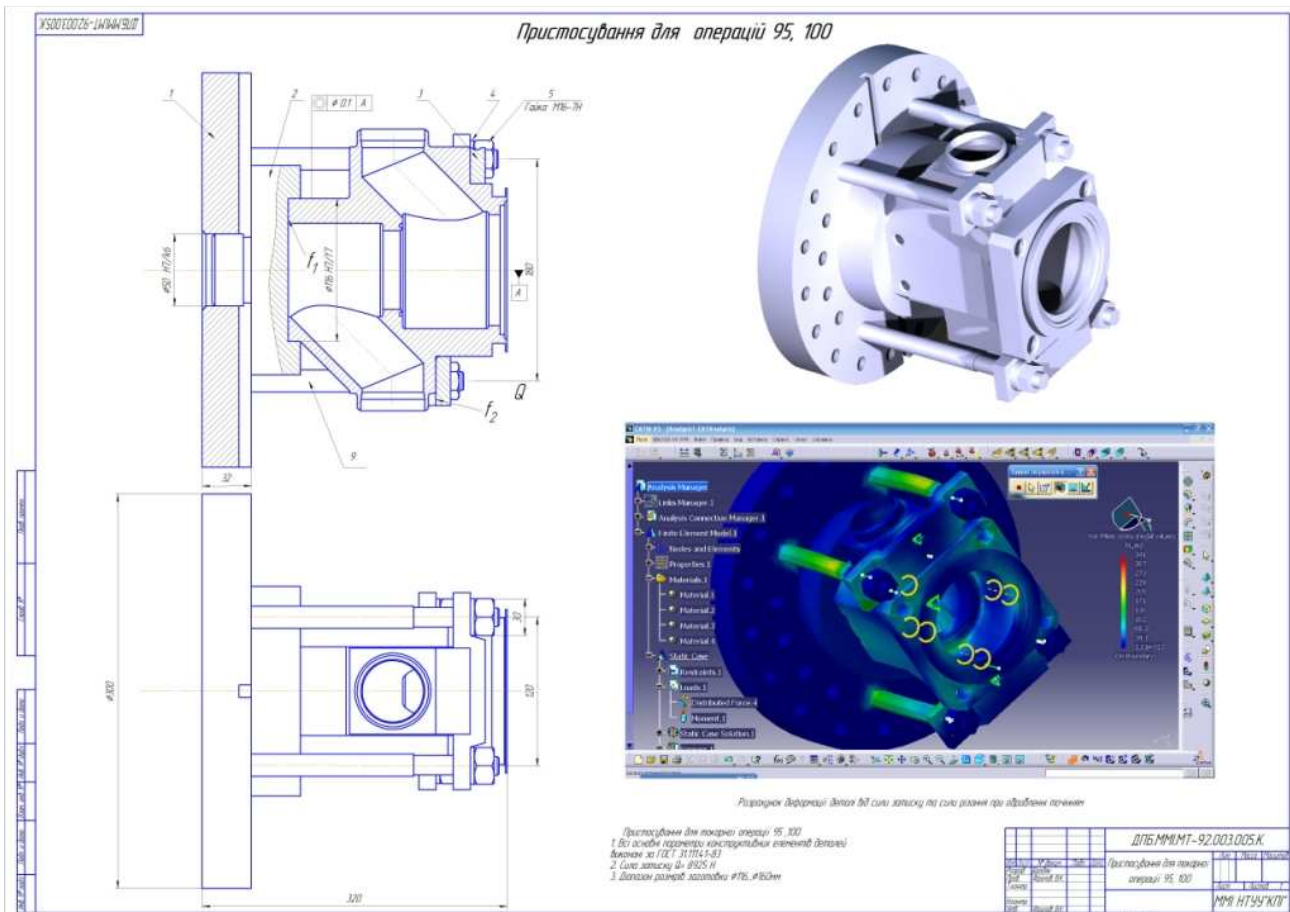
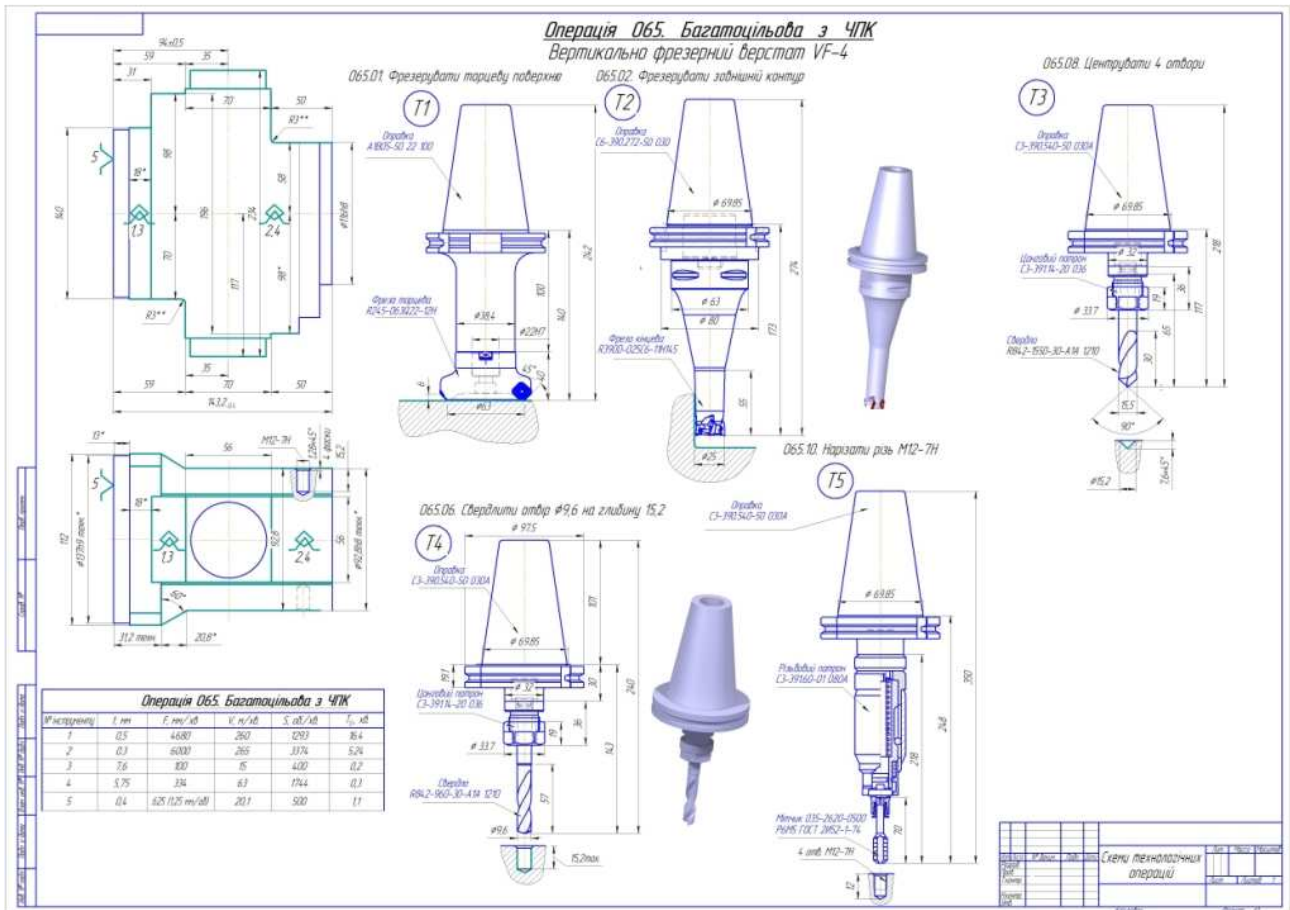


050.03 Розточити циліндричну поверхню



Операція 050. Багатоцільова з ЧПК					
№ інструменту	Інструмент	h, мм	V, м/хв	S, мм/хв	
1	СВНВ 16 07 12 3210	2	178	550	0,88
2	ВВ0-05 01 1894-01	15	65	680	0,6
3	СНМБ 12 04 08 4235	2	305	888	0,23

Схеми технологічних операцій	
Назва операції	
Код операції	
Матеріал	
Код матеріалу	





## ЛІТЕРАТУРА

1. Андреев Г.Н., Новиков В.Ю., Схиртладзе А.Г. Проектирование технологической оснастки машиностроительного производства: Учеб. пособие для студ. машиностроит. спец. вузов / Ю.М. Соломенцев (ред.) — 3.изд., стер. — М. : Высшая школа, 2001. — 415с.
2. Бобров В.Ф. Основы теории резания металлов. - М.: Машиностроение, 1975. - 344 с.
3. Богуслаев В.А., Цыпак В.И., Яценко В.К. Основы технологии машиностроения. – Запорожье, изд-во ОАО «Мотор Сич». – 2003. – 336 с.
4. Гайворонський В.А., Борцова В.В., Івахненко М.М., Шумілов О.П. Проектування технологічної оснастки: Навч. посібник для студ. вищих навч. закл. / Національний ун-т кораблебудування ім. адмірала Макарова. — Миколаїв: НУК, 2006. — 256с.
5. Гжиров Р.И., Серебrenицкий П.П. Программирование обработки на станках с ЧПУ: Справочник / Л. : Машиностроение, 1990. — 591 с.
6. Должников В.П. Основы программирования и наладки станков с ЧПУ: Учеб. пособие / Томский политехнический ун-т. — Томск : ТПУ, 2001. — 112с.
7. Ковшов А.Н. Технология машиностроения: Учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов. - М.: Машиностроение, 1987.- 320с.
8. Маталин А.А. Технология машиностроения: Учебник для машиностроительных вузов по специальности “Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты”. - Л.: Машиностроение, Ленингр. отделение, 1985.- 496с.
9. Мельничук П.П., Боровик А.І., Лінчевський П.А., Петраков Ю.В. Технологія машинобудування: Підручник. – Житомир:ЖДТУ, 2005.-882с.
10. Мироненко О.М., Буренніков Ю.А. Курсове проектування з дисциплін "Проектування пристосувань", "Система автоматичного проектування технологічної оснастки": Навч. посібник для студ. спец. 8.090202-01, 8.090202-04 / Вінницький національний технічний ун-т. — Вінниця : ВНТУ, 2008. — 62с.
11. Муляр Ю.І. Програмування багатоінструментальної обробки на верстатах з ЧПК: навч. посіб. для студ. спец. "Технологія машинобудування" / Вінницький національний технічний ун-т. — Вінниця : ВНТУ, 2006. — 191 с.
12. Муляр Ю.І., Дерібо О.В. Програмування токарної обробки на верстатах з ЧПК: Навч. посіб. для студ. спец. "Технологія машинобудування" / Вінницький національний технічний ун-т. — Вінниця : ВНТУ, 2004. — 90с.
13. Обработка металлов резанием : Справочник технолога / А.А.Панов, В.В.Аникин, Н.Г.Бойм и др.; Под общ. ред. А.А.Панова. М.: Машиностроение, 2004.-784 с.
14. Петраков Ю.В. Лабораторно-комп'ютерний практикум з теорії різання: Навчальний посібник для студентів, що навчаються за напрямом “Інженерна механіка”. – Київ: Політехніка, 2006. –96 с.
15. Петраков Ю.В. Автоматичне управління процесами обробки матеріалів різанням: Навчальний посібник.-Київ: УкрНДІАТ, 2004.-383с.

16. Петраков Ю. В., Субін А. А., Фролов В. К. Лабораторно-комп'ютерний практикум з мікропроцесорної техніки: Навч. посіб. – К.:ІЦВ “Політехніка”, 2005. – 104 с.
17. Петраков Ю.В., Мельничук П.П. Автоматизація технологічних процесів у машинобудуванні засобами мікропроцесорної техніки. – Житомир: ЖІТІ, 2001. – 194с.
18. Проектирование технологии: Учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов/ И.М.Баранчукова, А.А.Гусева, Ю.Б.Крамаренко и др.; Под общ. ред. Ю.М.Соломенцева. - М.: Машиностроение, 1990.- 416с.
19. Проектирование и программирование технологических операций на станках с ЧПУ: Учеб. пособие / В. А. Ванин, В. К. Лучкин, В. Х. Фидаров; Тамб. гос. техн. ун-т. — Тамбов : Изд-во ТГТУ, 1997. — 122с.
20. Размерный анализ технологических процессов/ Матвеев В.В., Тверской М.М. и др.- М.: Машиностроение,1982.- 264с.
21. Резников А.Н., Резников Л.А. Тепловые процессы в технологических системах. Учебник для ВУЗов. - М.: Машиностроение, 1990. - 288с.
22. Рубашкин И.Б., Алешин А.А. Микропроцессорное управление режимом металлообработки. Л.:Машиностроение,1989. – 160 с.
23. Седінкін Л.М. Програмування обробки деталей на верстатах з ЧПК: Навч. посібник для студ. спец. "Технологія машинобудування" і "Металоріжучі верстати та інструменти" / ІСДО; Сумський ун-т. — К., 1994. — 106с.
24. Справочник технолога-машиностроителя. Т.2 / Под ред. А. М. Дальского, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова, А. Г. Сусллова -М.: Машиностроение-1, 2003, 944с.
25. Суслов А.Г. Качество поверхностного слоя деталей машин. – М.: Машиностроение, 2000.-320 с.
26. Толстов М.А. Пневматические и пневмогидравлические приспособления / М.А. Толстов. – М. – Свердловск: Машгиз, 1991. – 271 с.
27. Якимов А.В., Слободяник П.Т., Усов А.В. Теплофизика механической обработки. К.; Одесса: Либідь, 1991. 240с.
28. Ящерицын П.И., Фельдштейн Е.Э., Корниевич М.А. Теория резания: учеб. Минск: Новое знание, 2005.-512с.