

Факультет машинобудування та транспорту  
Кафедра технології підвищення зносостійкості

Магістерська кваліфікаційна робота  
на тему:

***ТЕХНОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ  
ВІДНОВЛЕННЯ  
РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ ВАЛА ПРИВОДУ СП 26У***

*Виконав: ст. гр. 13В-14м  
Онофрійчук М.В.  
Науковий керівник:  
к.т.н. доц. Шиліна О. П.*

## Мета роботи:

Мета даної роботи є підвищення якості відновлення робочих поверхонь вала приводу СП 26У за рахунок автоматизації робочого процесу, використання як новітніх розробок відновлювального обладнання, так і перевірених часом, але які не втратили актуальність та підвищення техніко-економічних показників технології відновлення, досягнення стабільності та зносостійкості поверхневих шарів, нанесених порошками плазмовим напилюванням та, зокрема, стабільність в процесі напилювання поверхневих напилених шарів модернізованим розпилювачем.

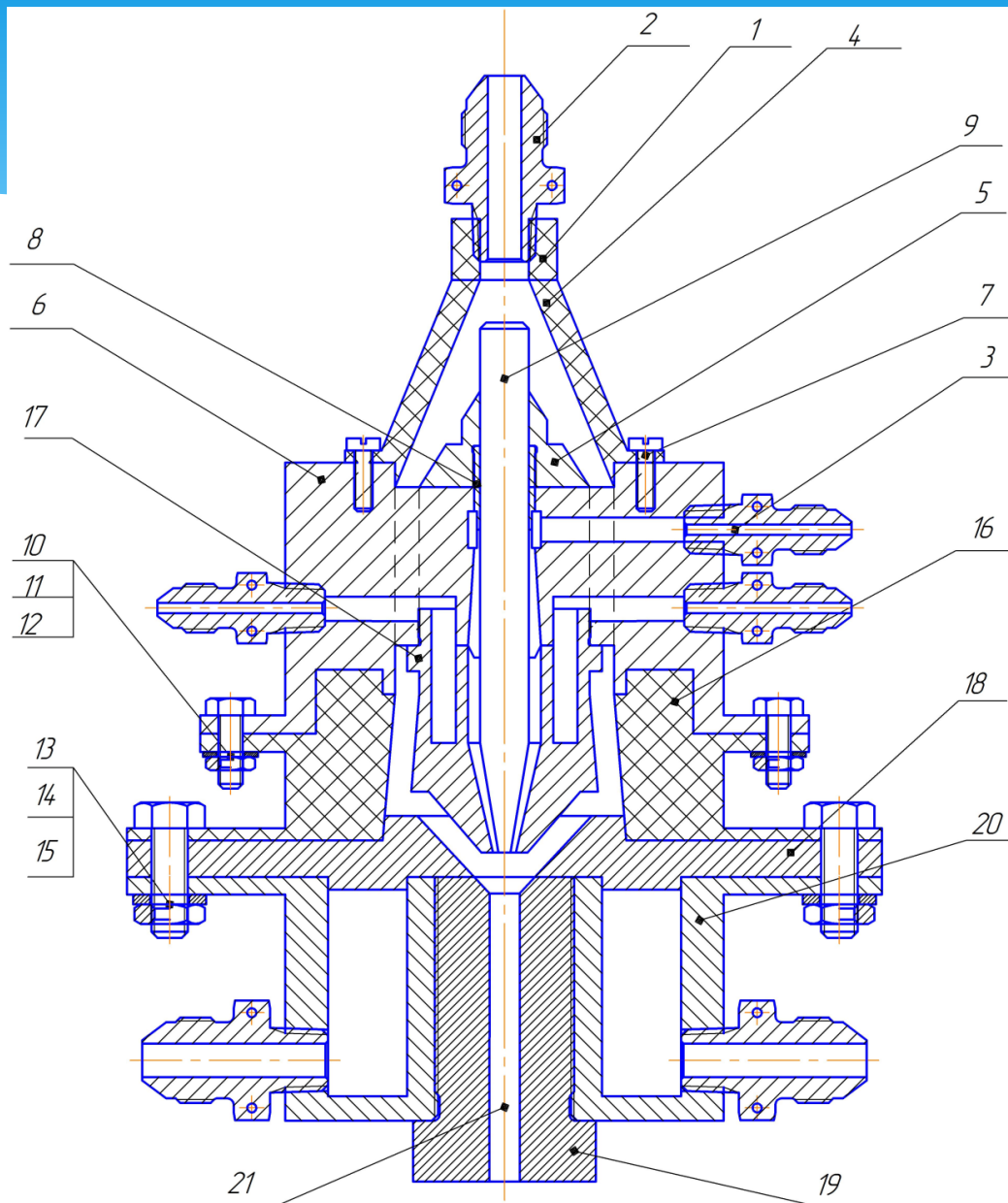
Для досягнення поставленої мети сформульовано такі основні задачі:

- 1) дослідження та модернізація і розробка плазмового розпилювача для напилювання з метою підвищення якості нанесеного покриття;
- 2) дослідження мікроструктури та визначення пористості поверхневих напилених шарів;
- 3) розробка устаткування з числовим програмним керуванням;
- 4) аналіз службового призначення деталі з визначенням дефектних поверхонь вала приводу СП 26У;
- 5) вибір та обґрунтування методів відновлення поверхонь деталі;
- 6) формування маршруту технологічного процесу відновлення деталі з розрахунком кількості переходів на механічну обробку та розрахунок проміжних припусків і технологічних розмірів на механічну обробку;
- 7) розрахунок та призначення режимів механічної обробки до та після нанесення покриття;
- 8) визначення чинників за діаграмою Ісікави, що впливають на якість методу відновлення поверхонь;
- 9) техніко-економічне обґрунтування доцільності проведених розробок;
- 10) відповідність технологічного процесу вимогам охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

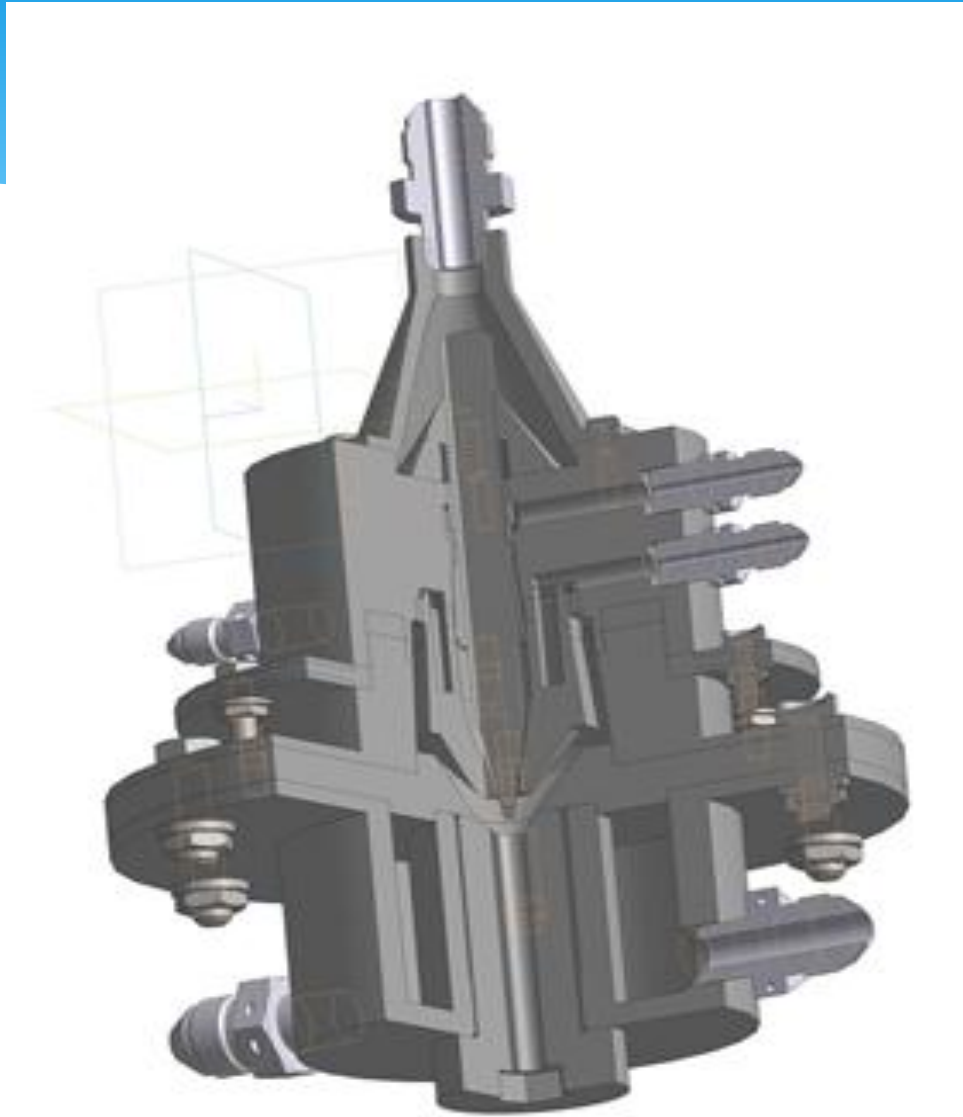
## **Наукова новизна одержаних результатів:**

- вперше доведено підвищення ефективності застосування запропонованого розпилювального пристрою у порівнянні з аналогами;
- отримано подальший розвиток методики визначеності пористості поверхневих напилених шарів.

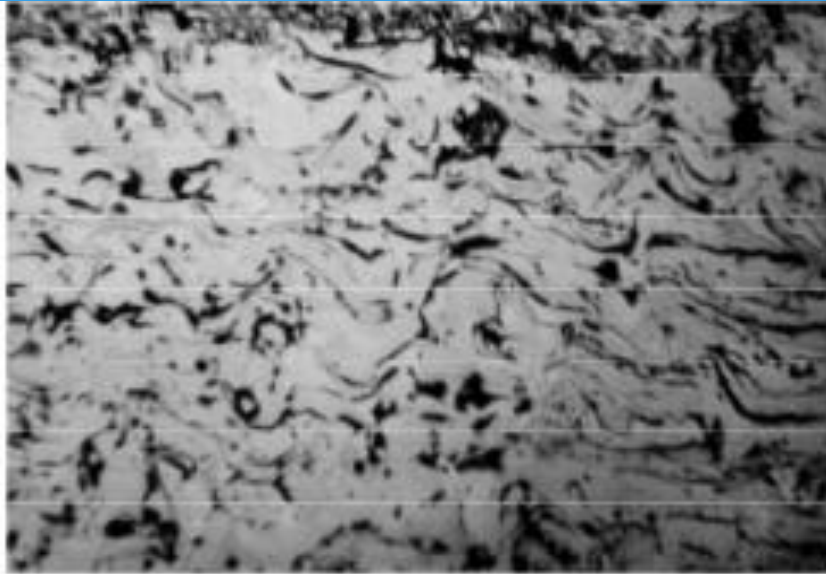
# Розпилювальний пристрій



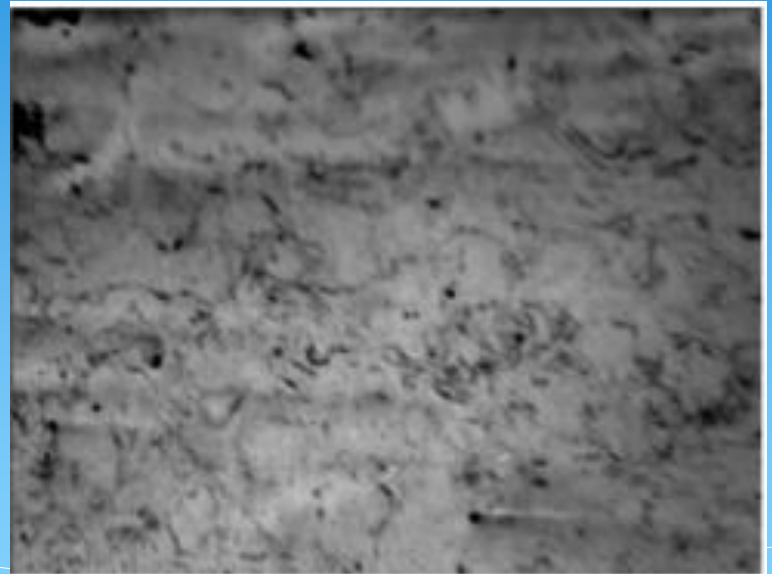
# 3D модель розпилювального пристрою



# Мікроструктура плазмового покриття підшару

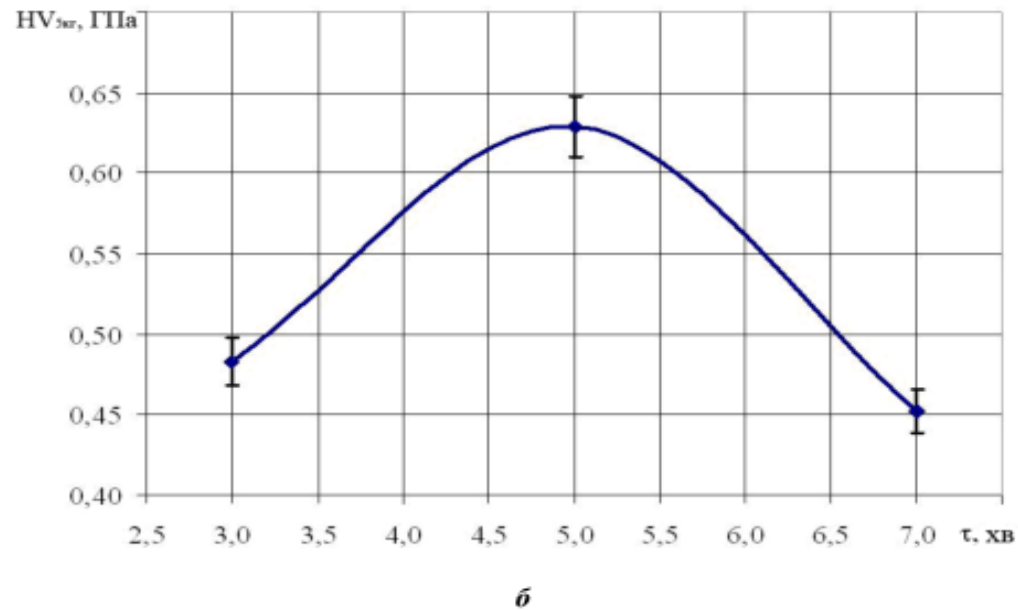
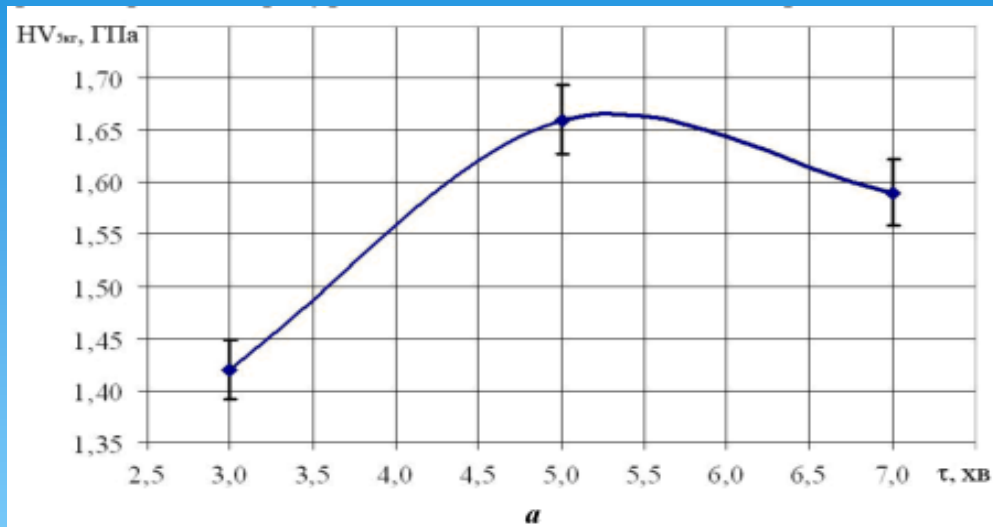


NiCr

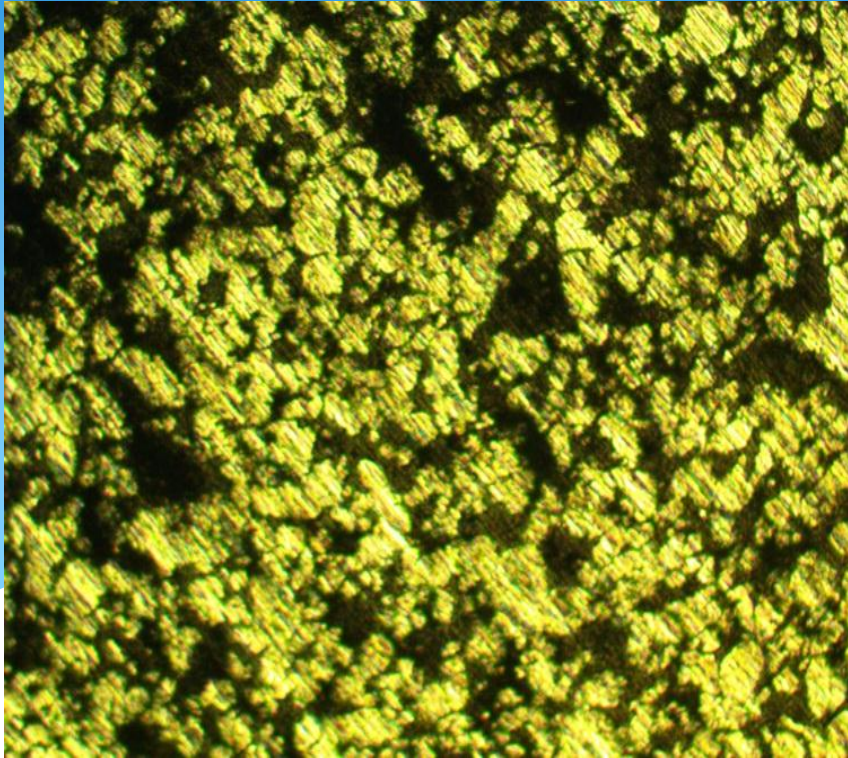


Ni

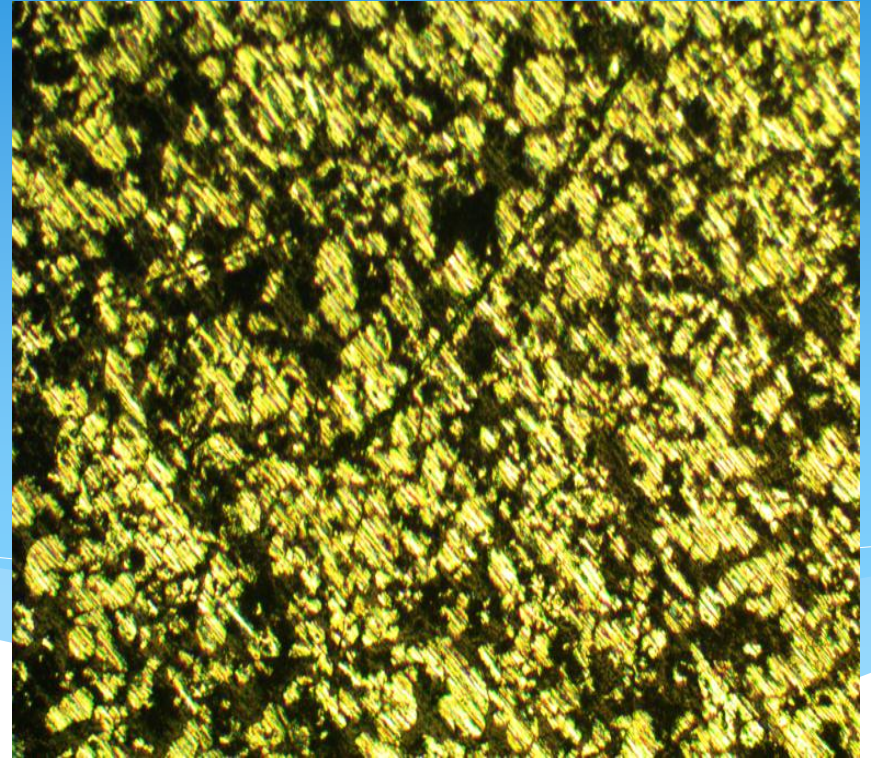
# Твердість плазмових покриттів під час витримки при термічній обробці: *a* – NiCr; *б* – Ni



# Мікроструктури напилених шарів порошковим сплавом



ПА-4



ПА-1



# Визначення пористості за зображенням мікроструктури напиленої поверхні порошком ПА-4 пакетом металографії PhotoM

The screenshot displays the PhotoM 1.21 software interface. The main window shows a binary image of a porous surface, where the pores are represented by yellow areas against a blue background. The status bar at the bottom indicates the current area calculation: "Площадь X: 482 пкс Y: 0 пкс Value: 255".

The "Расчет площади" (Area Calculation) dialog box is open, showing the following options and results:

- Расчитать площадь:
  - Выделенных областей
  - Объектов по всему изображению
  - Объектов по выделенным областям
  - Объектов за исключением выделенных областей
- Фотография "Бинарный объект: C:\Users\Михайло\Desktop\29.04.15 лаба\ПА-4 – копия.bmp".
- Площадь фотографии 5038848 пкс (2592x1944 пкс).
- Площадь объектов: 2664130 пкс (52.87%).
- Отчет:
  - Записывать автоматически
- Buttons: "Расчет" and "Закрыть".

The Windows taskbar at the bottom shows the system tray with the date and time: 8:41, 13.05.2015. The taskbar also displays several open applications, including "photom 121", "A01-11 середина ...", and "PhotoM 1.21 free...".

# Визначення пористості за зображенням мікроструктури напиленої поверхні порошком ПА-1 пакетом металографії PhotoM

The screenshot displays the PhotoM 1.21 software interface. The main window shows a binary image of a porous structure, with the foreground (pores) in yellow and the background (solid material) in blue. The status bar at the bottom indicates the area calculation: "Площадь" (Area), "X: 472 пкс" (X: 472 pixels), "Y: 2 пкс" (Y: 2 pixels), and "Value: 0".

The "Расчет площади" (Area Calculation) dialog box is open, showing the following options and results:

- Рассчитать площадь: (Calculate area):
  - Выделенных областей (Selected areas)
  - Объектов по всему изображению (Objects in the entire image)
  - Объектов по выделенным областям (Objects in selected areas)
  - Объектов за исключением выделенных областей (Objects excluding selected areas)
- Фотография "Бинарный объект: C:\Users\Михайло\Desktop\29.04.15 лаба\ПА-41 - Копия.bmp" (Image: "Binary object: C:\Users\Михайло\Desktop\29.04.15 лаба\ПА-41 - Копия.bmp")
- Площадь фотографии 5038848 пкс (2592x1944 пкс) (Image area 5038848 pixels (2592x1944 pixels))
- Площадь объектов: 2952743 пкс (58.60%) (Object area: 2952743 pixels (58.60%))
- Отчет: (Report):
  - Записывать автоматически (Save automatically)
- Buttons: "Расчет" (Calculate), "Закрывать" (Close)

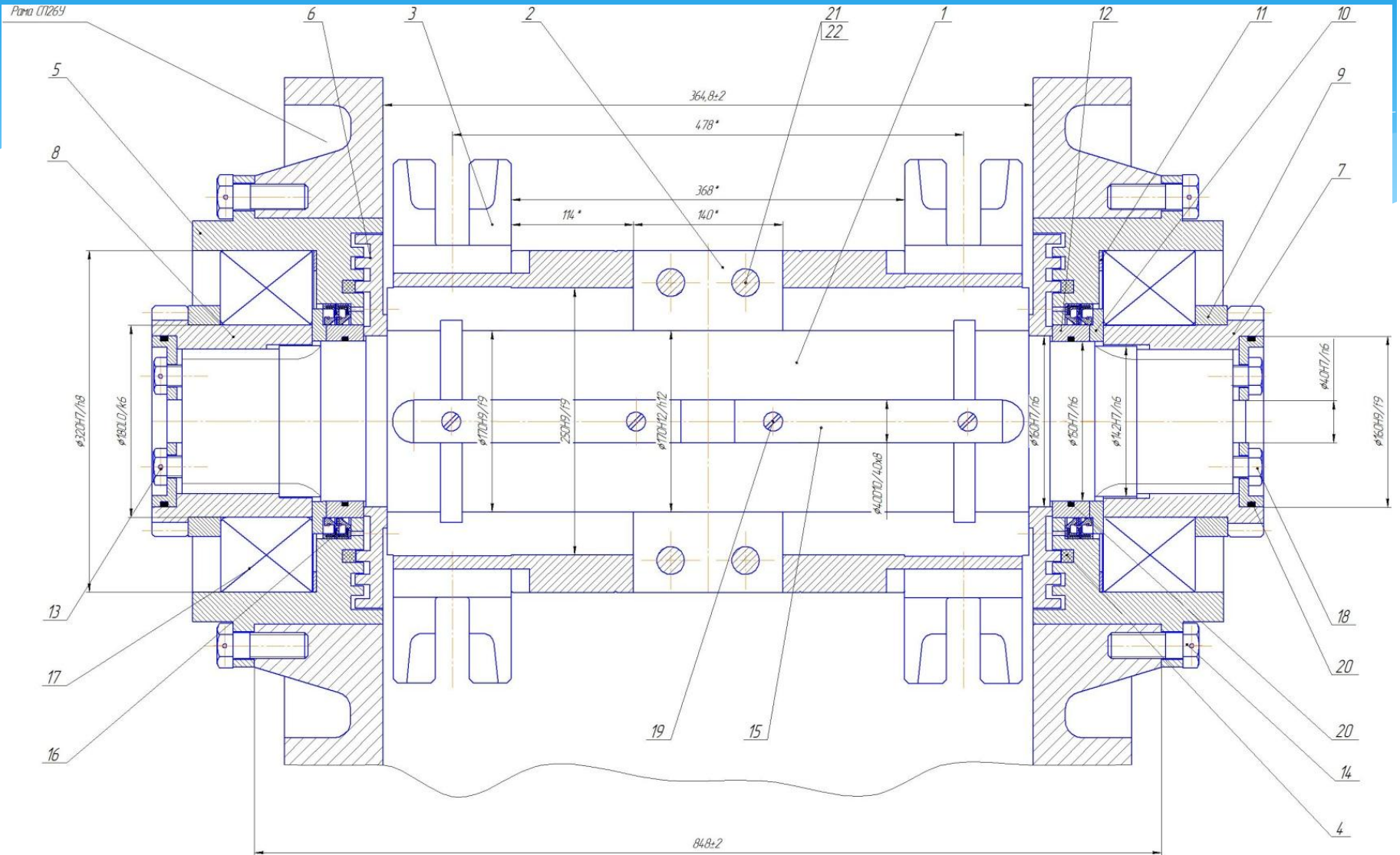
The Windows taskbar at the bottom shows the following applications: "photom 121", "ПА-4 - Paint", and "PhotoM1.21 free...". The system tray on the right shows the date and time: "13.05.2015 8:43".

# Практичне значення одержаних результатів

Практичне значення магістерської кваліфікаційної роботи полягає в тому, що на основі отриманих теоретичних положень розроблено:

- принципова схема розпилювального пристрою, для відновлення деталей та повний комплект конструкторської документації;
- технологічний процес відновлення приводу СП 26У, який значно знижує собівартість витрат;
- розпилювач для плазмового напилювання, що призводить до зменшення витрат порошкового матеріалу;
- установку з числовим програмним керуванням, здатну значно підвищити якість процесу відновлення робочих поверхонь деталі.

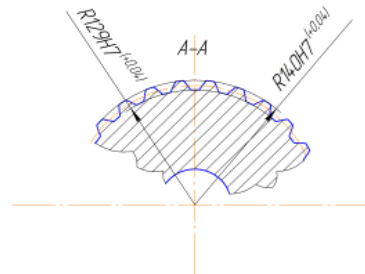
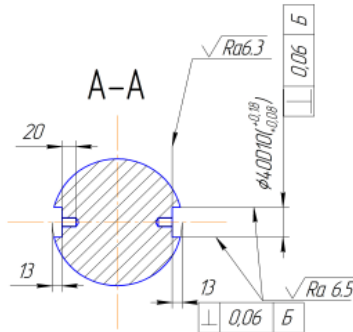
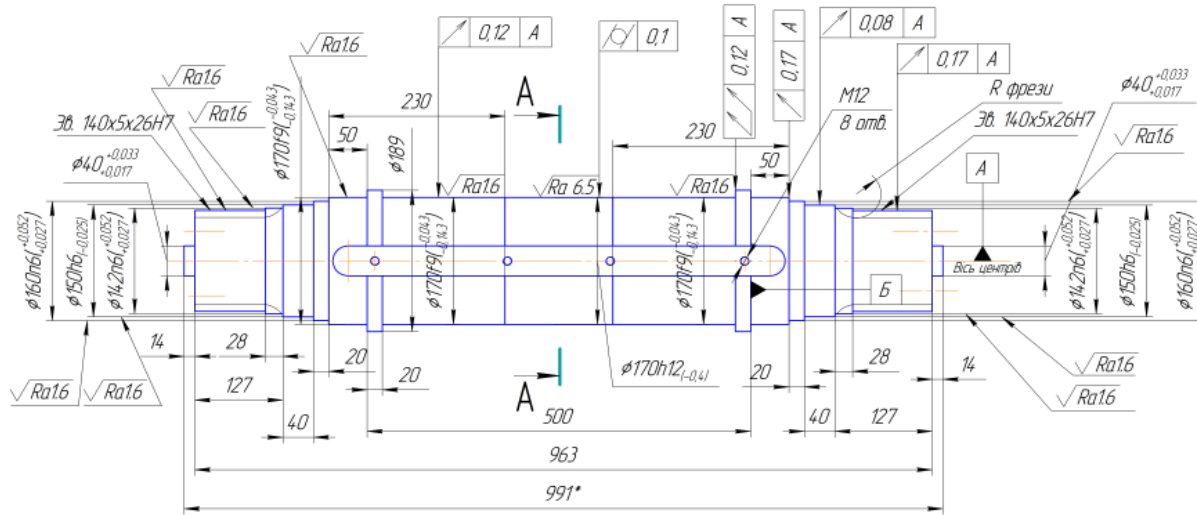
# Складальне креслення приводу СП 26У



# Робоче креслення вала приводу СП 26У

08-30.МКР.003.01.001

$\sqrt{Ra 12.5}$



1. HRC 38..45.
2. H14, h14,  $\pm \frac{IT14}{2}$ .
3. \*Размеры для справок.

Удобне позначення вала по СТ СЭВ 259-76		зв. 14.0'5' 26H7	
Модуль	m	5	
Число зубців	z	26	
Дані для вибраного конструктора рейки	Профільний кут	$\alpha_d$	15°
	Коефіцієнт висоти	f	0.6
	Коефіц. радіального зазору	c	0.05
	Товщина зуба по ділільній лінії	S	4.724
Коефіцієнт зміщення	E	+0.17	
Діаметр ділільного кола	d <sub>d</sub>	130	
Товщина зуба по ділу ділільного кола	S <sub>d</sub>	5.42 <sup>+0.17</sup> <sub>-0.25</sub>	

Лист 1 з 1

Лист 1 з 1

Лист 1 з 1

Лист 1 з 1

Лист 1 з 1

Лист 1 з 1

Лист 1 з 1

08-30.МКР.003.01.001

Мен./Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Лист	Масса	Масштаб
Розроб	Шендельський М.В.				149.95	1:1
Проб.	Шкільна О.П.					
І.контр.						
І.контр.	Шендельський М.В.					
Зміт.	Собольов В.І.					

Вал приводу СП 26У

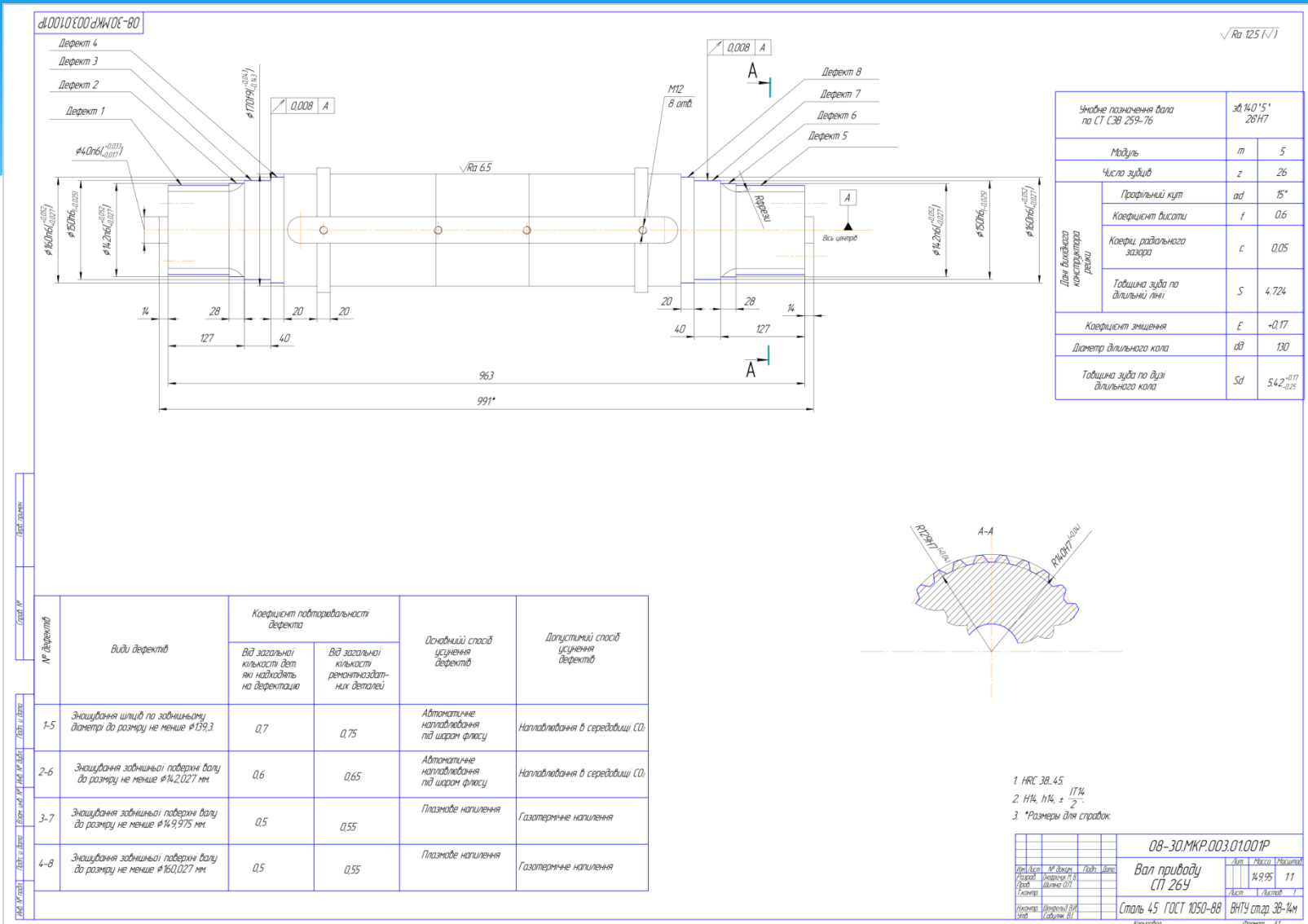
Сталь 45 ГОСТ 1050-88

ВНТУ стр. 38-14м

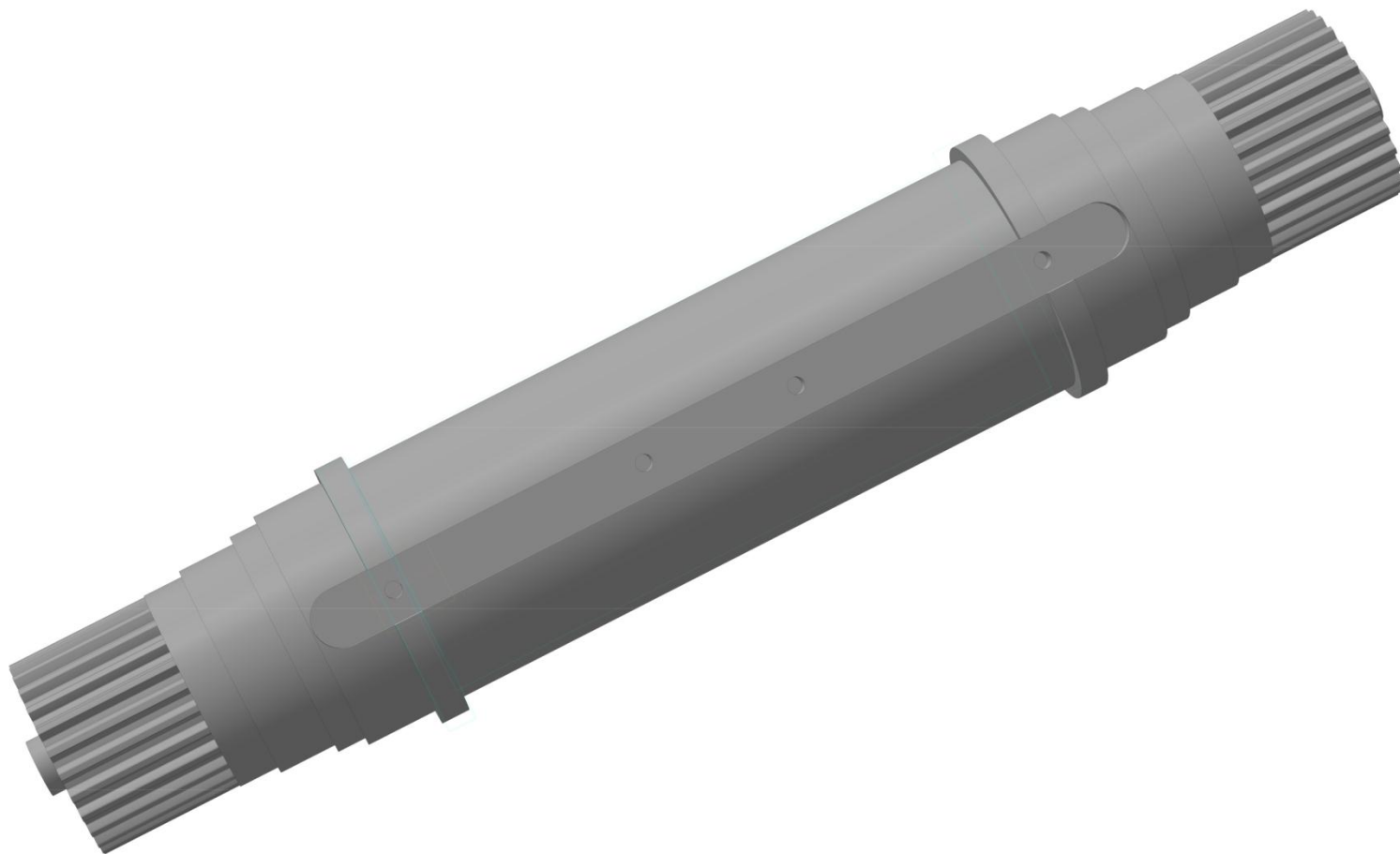
Копіював

Формат А2

# Ремонтне креслення вала приводу СП 26У



# 3D-модель вала



# Технологічний процес вала приводу СП 26У

## Розробка плану операцій

Згідно результатів дефектування і технології відновлення дефектів складаємо план операцій відновлення поверхонь:

005 – Мийна мийи в розчині «Лобанід 702»;

010 – Дефектувальна.

015 – Точня: точити поверхні 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8;

020 – Наплавлявальна: наплавити поверхні 1, 2, 5, 6;

025 – Відпуск: відпустити деталь до температури 550°;

030 – Токарна(чорна, чистова): точити поверхні 2, 6;

035 – Шлифрезерувальна: фрезерувати поверхні 1, 5;

040 – Гарчування: загарчувати деталь до температури 850°;

055 – Напильвальна: напилити поверхні 3, 4, 7, 8;

050 – Шлицифувальна: шлифувати поверхні 1, 5;

055 – Шлифувальна(остаточно тонке): шлифувати поверхні 2, 3, 4, 6, 7, 8;

060 – Контрольна.

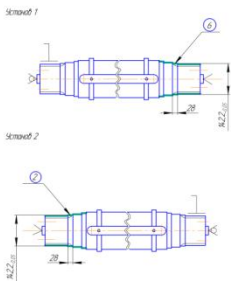
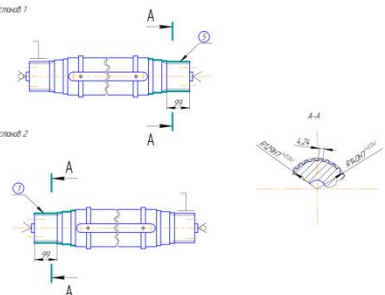
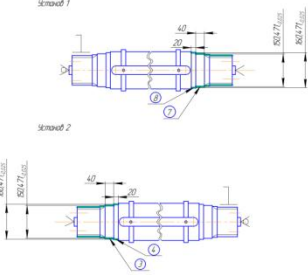
Таблиця 1 – Маршрут обробки

№ процесу	Найменування операції та технологічних переходів	Схема базування	Обладнання
005	Мийна		Мийна машина
010	Дефектувальна		Стіл, вимірвальний інструмент
015	Токарна Установ 1: 1. Встановити і зняти деталь. 2. Точити поверхні 5, 6, 7, 8 згідно ескізу, однократно. Установ 2: 1. Переустановити деталь. 2. Точити поверхні 1, 2, 3, 4 згідно ескізу, однократно.		Токарний верстат 16К20Ф3
020	Наплавлявальна Установ 1: 1. Встановити і зняти деталь. 2. Наплавити поверхні 5, 6 згідно ескізу. Установ 2: 1. Переустановити деталь. 2. Наплавити поверхні 1, 2 згідно ескізу.		Наплавляльний автомат А-874Н
025	Відпуск 1. Відпустити деталь при температурі 550°		Установка СВЧ Гемма-2011



# Продовження технологічного процесу

Продовження таблиці 1.

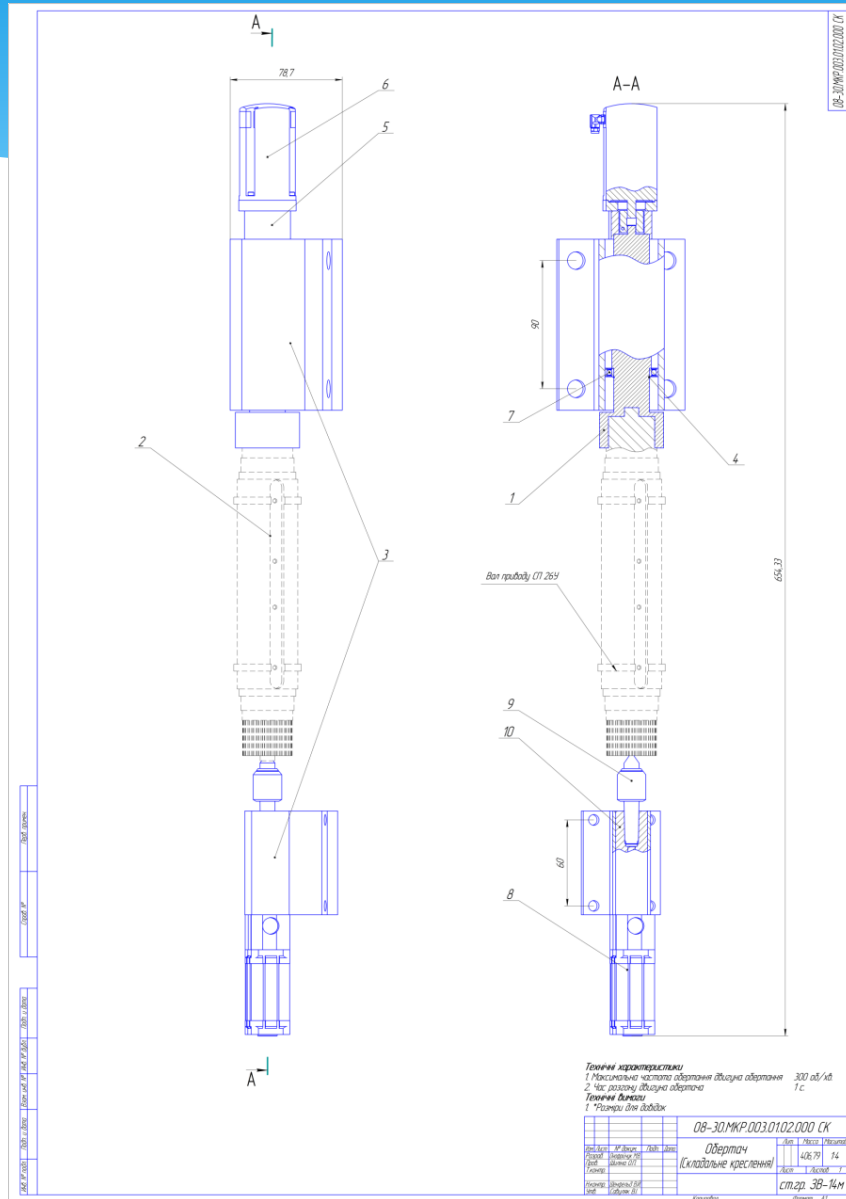
№ процесу	Найменування операції та технологічних переходів	Схема базування	Обладнання
030	<p>Токарна</p> <p>Установ 1:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Установити і зняти деталь</li> <li>2. Точити поверхню 6 згідно ескізу начарно.</li> <li>3. Точити поверхню 6 згідно ескізу начисто.</li> </ol> <p>Установ 2:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Переустановити деталь</li> <li>2. Точити поверхню 2 згідно ескізу начарно.</li> <li>3. Точити поверхню 2 згідно ескізу начисто.</li> </ol>		Токарний верстат 16К20Ф3
035	<p>Шлицифрезувальна</p> <p>Установ 1:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Установити і зняти деталь</li> <li>2. Фрезувати поверхню 5 згідно ескізу.</li> </ol> <p>Установ 2:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Переустановити деталь</li> <li>2. Фрезувати поверхню 1 згідно ескізу.</li> </ol>		Зидофрезерний верстат мод.5350А
040	<p>Гартування</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Загартувати деталь з температури 850°</li> </ol>		Установка СВ4 Гемма-2011
045	<p>Напилювання</p> <p>Установ 1:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Установити і зняти деталь</li> <li>2. Напилити поверхні 7, 8 згідно ескізу.</li> </ol> <p>Установ 2:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Переустановити деталь</li> <li>2. Напилити поверхні 3, 4 згідно ескізу.</li> </ol>		Установка ЧПК розпилюючі пристрій

# Продовження технологічного процесу

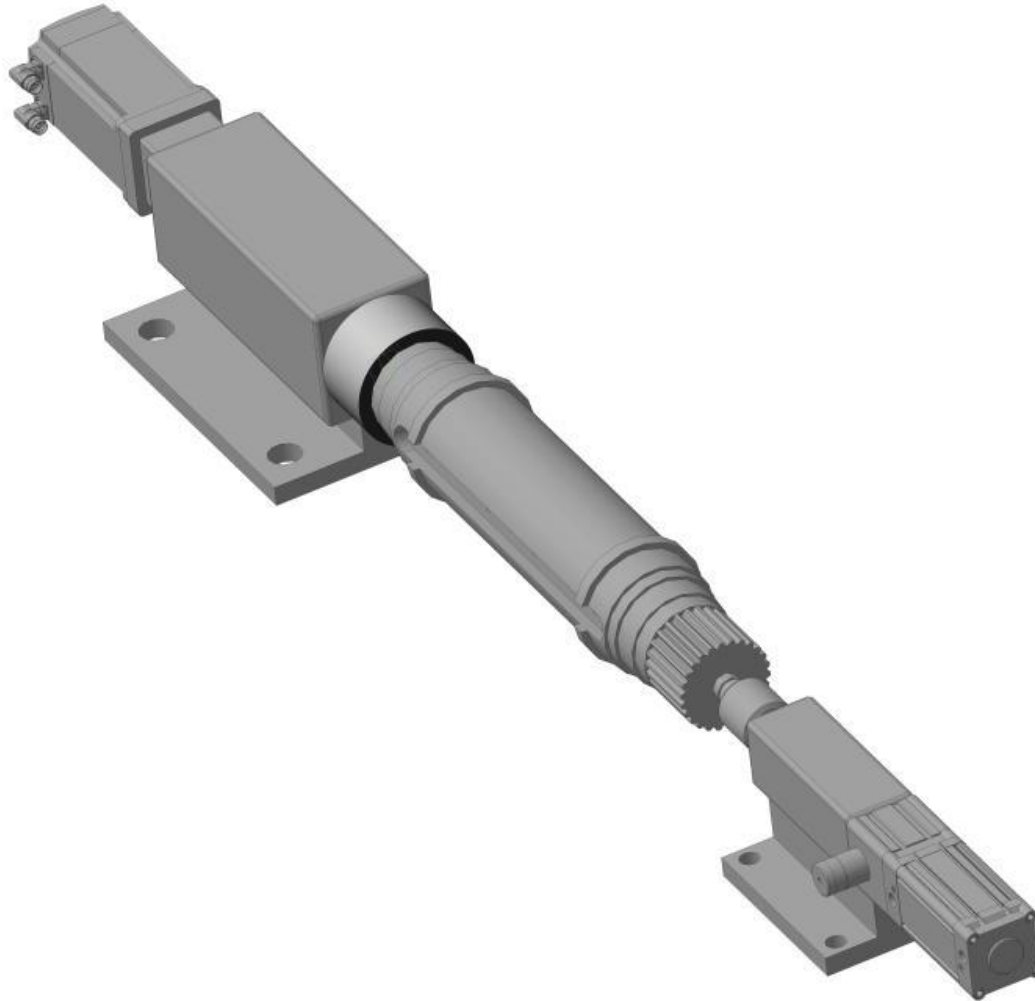
Продовження таблиці 1.

№ процесу	Найменування операції та технологічних переходів	Схема базування	Обладнання
050	Шліцешліфування Установ 1 1. Установити і зняти деталь. 2. Шліфувати поверхню 5 згідно ескізу. Установ 2 1. Перустановити деталь. 2. Шліфувати поверхню 1 згідно ескізу.		Шліцешліфувальний станок МШЗ14
055	Шліфування Установ 1 1. Установити і зняти деталь. 2. Шліфувати поверхні 7,8 згідно ескізу на чорно. 3. Шліфувати поверхні 6,7,8 згідно ескізу остаточно. Установ 2 1. Перустановити деталь. 2. Шліфувати поверхні 3,4 згідно ескізу на чорно. 3. Шліфувати поверхні 2,3,4 згідно ескізу остаточно.		Круглошліфувальний верстат 3М194
060	Контрольна 1. Установити і зняти деталь. 2. Контролювати розмір на поверхні 2, 6 до розміру $14.21_{-0.027}^{+0.027}$ . 3. Контролювати розмір на поверхні 3, 7 до розміру $15.01_{-0.027}^{+0.027}$ . 4. Контролювати розмір на поверхні 4, 8 до розміру $16.01_{-0.027}^{+0.027}$ . 5. Контролювати розмір на поверхні 1, 5 до розміру $14.01_{-0.027}^{+0.027}$ .		Шаблон 70.6152-10311 Штангенциркуль ШЛ-II ГОСТ 166-89

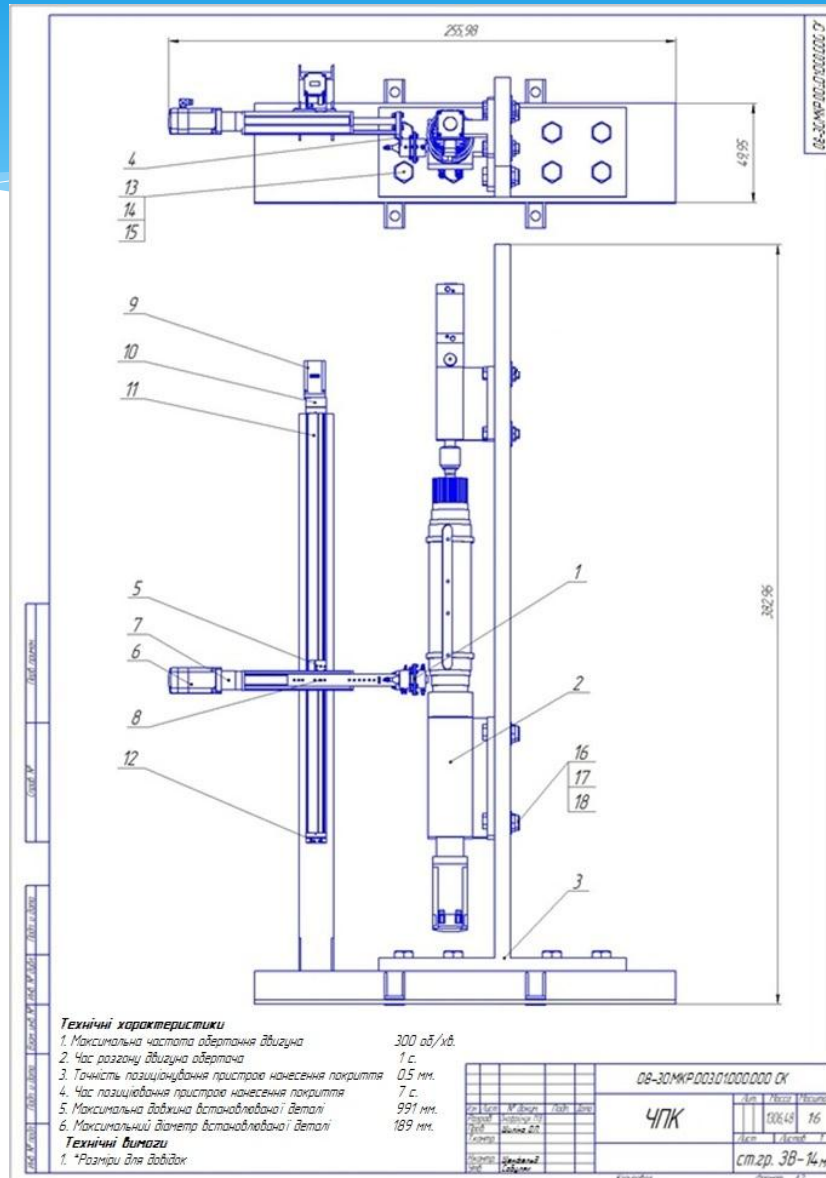
# Складальне креслення обертача



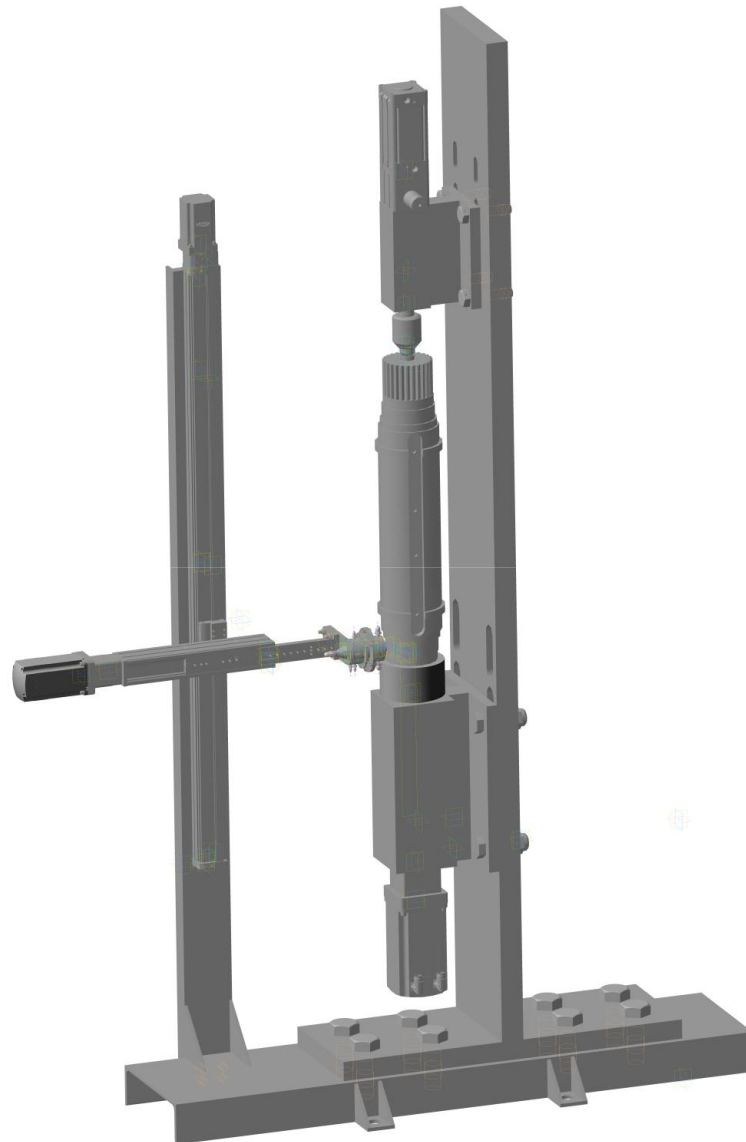
# 3D-модель обертача



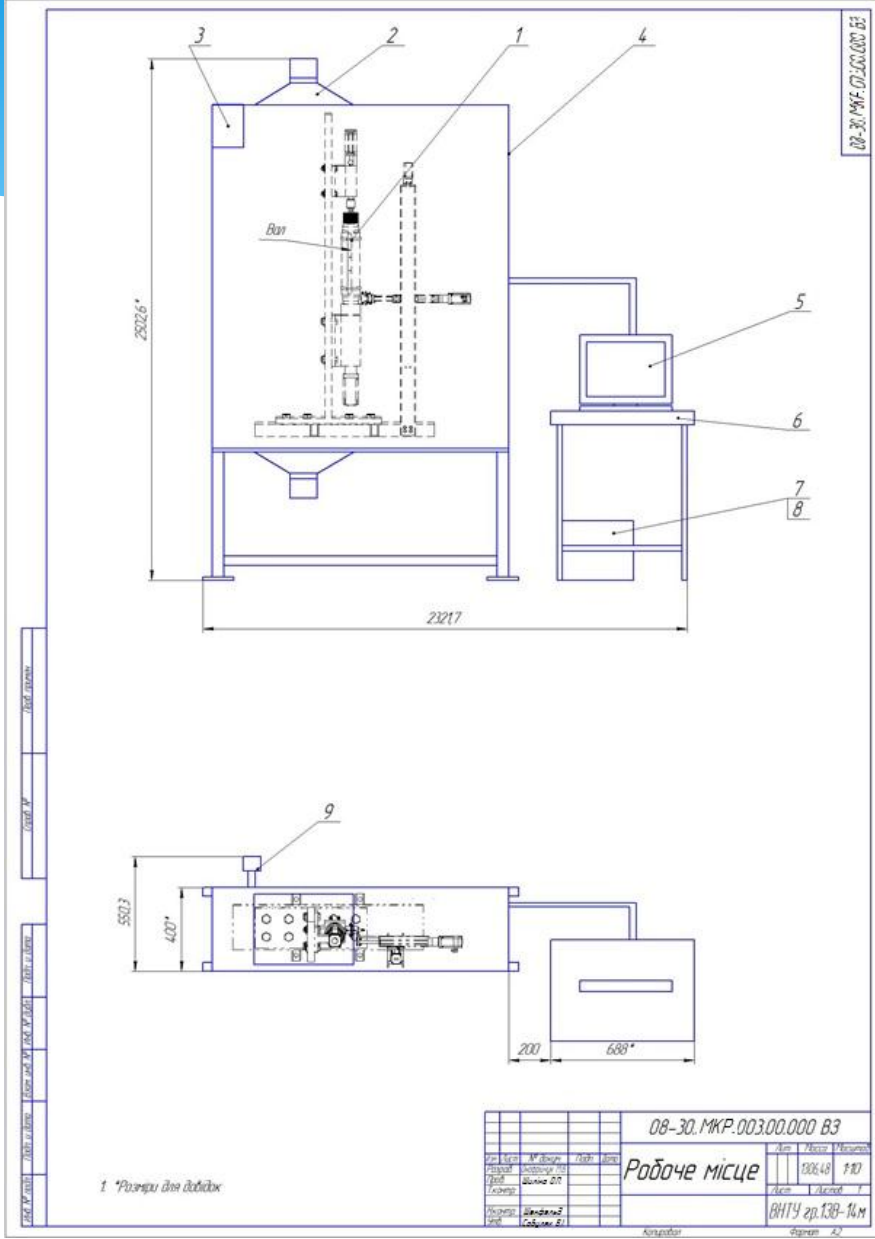
# Складальне креслення ЧПУ



# Установка ЧПУ



# Робоче місце



# Висновки

В магістерській кваліфікаційній роботі наведені наступні основні результати виконаних теоретичних і експериментальних досліджень:

- створено розпилювач для плазмового напилювання, в якому за рахунок закріплення катоду у цанговому зажимі досягається можливість регулювання відстані між катодом і анодом, що призводить до зменшення витрат порошкового матеріалу, утворювати якісний шар напиленої поверхні;

- результати досліджень пористості поверхневого шару - з напиленими порошками ПА-4 та ПА-1, нанесені на підшар на Ni – основі, показали що:

1) площа пор складає 58,6% для поверхні з порошку ПА-1;

2) площа пор складає 52,87% для поверхні з порошку ПА-4.

- розроблено маршрут відновлення вала приводу СП 26У завдяки якому значно підвищується ресурс роботи відновлених поверхонь вала при зниженні собівартості;

- технологічний процес передбачає використання, крім сучасних способів наплавлення та напилювання, раціональних способів механічної обробки, які дають можливість виключити недопустимі тріщини та жолоблення на елементах для яких відсутні необхідні припуски;

- розраховані режими відновлення та механічної обробки деталі з розрахунками припусків та кількості переходів механічного обробки;

- на базі вузлів фірми Festo розроблена установка з числовим програмним керуванням для відновлення робочих поверхонь деталі, яка значно підвищує якість процесу;

- при оцінці економічної ефективності наукового дослідження було визначено та розраховано капітальні витрати на розробку нового технічного рішення, на його виробництво та впровадження;

- в розрахунку економічної ефективності було виконано прогнозування загальних витрат на виконання та впровадження результатів наукової роботи, прогнозовано комерційний ефект від реалізації результатів розробки та ефективність вкладених інвестицій і періоду їх окупності терміном 0,89 року.



ДЯКУЮ ЗА УВАГУ