

## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

**до виконання курсової роботи з дисципліни  
«Проектування комплексів обладнання для напилювання»**

для студентів спеціальності 7.05050403, 8.05050403, «Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій»

Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний технічний університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
до виконання курсової роботи з дисципліни  
«Проектування комплексів обладнання для напилювання»  
для студентів спеціальності 7.05050403, 8.05050403, «Відновлення та  
підвищення зносостійкості деталей і конструкцій»

Вінниця  
ВНТУ  
2017

Рекомендовано до друку Методичною радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 7 від 19.03.2015 р.)

Рецензенти:

**В. І. Савуляк**, доктор технічних наук, професор

**Ю. В. Булига**, кандидат технічних наук, доцент

Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Проектування комплексів обладнання для напилювання» для студентів спеціальності 7.05050403, 8.05050403, «Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій» / Уклад. О. Л. Гайдамак. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 46 с.

У методичних вказівках наводяться основні рекомендації зі змісту курсової роботи порядок її виконання та застосування сучасних інформаційно-комп'ютерних технологій, для вирішення поставлених завдань. У додатках наводиться приклад курсової роботи.

## Зміст

1 Мета та задачі курсової роботи .....	4
2. Орієнтовний зміст та етапи курсової роботи.....	4
3 Оформлення списку використаної літератури.....	6
Додаток А Титульний лист до курсової роботи.....	7
Додаток Б Зразок завдання .....	8
Додаток В Приклад курсової роботи .....	10

## 1 МЕТА ТА ЗАДАЧІ КУРСОВОЇ РОБОТИ

Курсова робота є важливою ланкою забезпечення навичок самостійного розв'язання інженерних задач і має на меті:

- систематизацію, закріплення і розширення теоретичних і практичних знань за спеціальністю, застосування цих знань при розв'язанні завдань з проектування технологічного процесу відновлення поверхонь деталей різними методами напилювання та розробки конструкторської документації обладнання для здійснення операції напилювання;

- розвиток навичок ведення самостійної роботи і оволодіння методикою дослідження при розв'язанні проблем і питань, що розробляються в курсовій роботі, вдосконалення навичок графічного оформлення результатів технічних розрахунків та конструювання.

При розв'язанні практичних питань студент повинен показати вміння правильно застосовувати одержані в університеті теоретичні знання, використовувати для розрахунків та досліджень обчислювальну техніку, обґрунтувати технічні рішення, опираючись на технічну літературу, фахові журнали, патенти та інші інформаційні джерела. В курсовій роботі (КР) студент повинен враховувати основні напрямки розвитку пристроїв та обладнання для відновлення деталей, забезпечити застосування і додержання норм і правил, використати сучасні досягнення науково-технічного прогресу.

Курсова робота це самостійна (індивідуальна) робота студента. Відповідальність за правильність прийнятих рішень, обґрунтувань, розрахунків та якість оформлення несе студент – автор роботи.

Розрахунково-пояснювальна записка повинна бути обсягом 25–35 аркушів формату А4. Пояснювальну записку до курсової роботи виконують відповідно до стандарту ДСТУ 3008–95. Текст друкують через 1 інтервал напівжирним рядком чорного кольору. Шрифт Times New Roman 14 pt.

Графічну частину курсової роботи виконують відповідно до ЄСКД.

## 2 ОРІЄНТОВНИЙ ЗМІСТ ТА ЕТАПИ КУРСОВОЇ РОБОТИ

Таблиця 1 – Типовий зміст курсової роботи

Орієнтовний зміст курсової роботи	Пояснювальна записка, с.	Креслення, аркуш	Джерела інформації	Програмне забезпечення
1	2	3	4	5
Титульний лист	1	–		MSword
Завдання на КР	1	–		MSword

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5
Зміст	1			
Вступ	1			MSword
1. Постановка та обґрунтування задачі	1–2			MSword
2. Призначення деталі, її дефекти та спосіб відновлення дефектів	2 – 4		[2]	MS Word Excel
3. Розробка або вибір напилювального пристрою	1	A1		
4. Створення конструктивної схеми верстата та її опис	1 – 2			Компас MSword
5. Визначення способу закріплення деталі при відновленні та пристрою для нанесення покриття	1 – 2		[1]	MSword
6. Розробка 3D-моделі деталі та пристрою її закріплення	1 – 2	A3		Компас
7. Розрахунок масоцентрувальних характеристик деталі та пристрою її закріплення	1 – 2		[6]	Компас
8. Розрахунок маси пристрою для відновлення деталі	1			MSword Компас
9. Розрахунок та вибір виконавчих механізмів (приводи для обертання деталі та приводи для переміщення виконавчого механізму відновлення деталі)	3 – 4		[11]	Positioning Drives
10. Створення на сайті Festo.com.ua потрібної конфігурації виконавчих механізмів				www. festo.com.ua
11. Замовлення на сайті Festo.com. 3D-моделей сконфігурованих виконавчих механізмів в форматі sat	2 – 3			www. festo.com.ua

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5
12. Вибір матеріалів для деталей установки з ЧПК	1		[2, 3]	
13. Створення 3D-моделі та креслення обертача		A1		
14. Створення 3D-моделі та креслення установки з числовим програмним керуванням		A1		Компас
15. Вимоги до робочого місця	1 – 2		[1]	Компас
16. Створення креслення робочого місця	2 – 3	A1		Компас
Висновки	1 – 2			MSword
Список літератури	1			
Додатки	4 – 5			
Разом	25 – 35			

### 3 ОФОРМЛЕННЯ СПИСКУ ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

В списку використаної літератури наводиться вся література, що була використана при виконанні курсової роботи. Література розміщується в порядку, за яким на неї було посилання в тексті.

Бібліографічний опис документів здійснюється згідно зі стандартами, які прийняті в Україні. Загальні вимоги та правила складання. ДСТУ ГОСТ 7.1:2006, ДСТУ 3582: 2013 "Бібліографічний опис скорочення слів і словосполучень в українській мові" та ГОСТ 7.12.93. При створенні бібліографічного опису іноземною мовою враховувати вимоги ГОСТ 7.11–2004" Система стандартів по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Сокращение слов и словосочетаний на иностранных европейских языках".

Додаток А

Титульний лист до курсової роботи

Форма № Н–6.01

Вінницький національний технічний університет

Факультет машинобудування та транспорту

Кафедра технології підвищення зносостійкості

КУРСОВА РОБОТА

з дисципліни:

**"Проектування комплексів обладнання для напилювання"**  
на тему:

Проектування обладнання з числовим програмним керуванням для  
автоматизації процесу відновлення деталей з масогабаритними  
характеристиками на прикладі заданої деталі

---

08–30.КР.ПОВЗ.01.001.000 ПЗ

Студент 1–го курсу групи ЗВ–16  
Спеціальності 7(8).05050403–  
«Відновлення та підвищення  
зносостійкості деталей і конструкцій»  
Іванов І. І.

Керівник: к.т.н., доцент

Гайдамак О. Л.

Національна шкала \_\_\_\_\_

Кількість балів \_\_\_\_\_

Оцінка: ECTS \_\_\_\_\_

Члени комісії: \_\_\_\_\_  
(підпис) (прізвище та ініціали)  
\_\_\_\_\_  
(підпис) (прізвище та ініціали)

м. Вінниця – 2017 рік



## Додаток Б

### Зразок завдання

Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний технічний університет  
Кафедра технології підвищення зносостійкості

Затверджую  
Завідувач кафедри  
технології підвищення  
зносостійкості  
\_\_\_\_\_ В. І. Савуляк

#### **Індивідуальне завдання**

на курсову роботу з дисципліни "Проектування комплексів  
обладнання для напилювання"

Студенту \_\_\_\_\_  
Тема: Проектування обладнання з числовим програмним керуванням  
для автоматизації процесу відновлення деталей з масогабаритними  
характеристиками на прикладі заданої деталі

---

#### Зміст курсової роботи

1. Вступ, постановка задачі на роботу.
2. Проектування або вибір напилювального пристрою.
3. Розрахунок режимів напилювання.
4. Створення конструктивної схеми установки автоматизованого відновлення.
5. Обрання виконавчого пристрою для відновлення поверхонь та проектування його 3D-моделі.
6. Визначення способу закріплення деталі та пристрою для відновлення.
7. Розробка 3D-моделі деталі та пристрою її закріплення.
8. Розрахунок масоцентрувальних характеристик деталі та пристрою її закріплення.
9. Проектування обертача деталі.
10. Проектування системи переміщення пристрою для відновлення.
11. Розрахунок та вибір виконавчих механізмів установки з числовим програмним керуванням (ЧПК) (приводи для обертання деталі, та приводи для переміщення пристрою для відновлення деталі).
12. Створення на сайті Festo.com.ua потрібної конфігурації виконавчих механізмів для установки з ЧПК.

13. Замовлення на сайті Festo.com.ua 3D-моделей сконфігурованих виконавчих механізмів.
14. Створення складального креслення установки з числовим програмним керуванням.
15. Вимоги до робочого місця.
16. Створення креслення загального вигляду робочого місця.
17. Опис процесу роботи установки з ЧПК для відновлення деталі.
18. Висновки.

Графічна частина.

1. Ремонтне креслення деталі.
2. Складальне креслення напилювального пристрою.
3. Складальне креслення обертача.
4. Складальне креслення установки з ЧПК.
5. Креслення загального вигляду оснащення для автоматизованого відновлення.
6. Проектна частина (розрахунково-пояснювальна записка 25-35 аркушів формату А4).

#### Графік виконання курсової роботи

Номер	Термін виконання	Номер	Термін виконання
2	до 20.09.20	11	до 15.10.20
3	до 25.09.20	14	до 20.10.20
4	до 30.09.20	18	до 05.11.20
9	до 05.09.20	Захист	11.11.20

Завдання отримав \_\_\_\_\_

Керівник \_\_\_\_\_

## Додаток В

### Приклад курсової роботи

#### Зміст

ВСТУП .....	11
1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ .....	13
1.1 Призначення деталі .....	13
1.2 Дефекти деталі.....	14
1.3 Спосіб відновлення та обладнання.....	15
1.4 Розрахунок режимів напилювання .....	17
2 СТВОРЕННЯ КОНСТРУКТИВНОЇ СХЕМИ УСТАНОВКИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ВІДНОВЛЕННЯ .....	20
3. ВИЗНАЧЕННЯ СПОСОБУ ЗАКРІПЛЕННЯ ДЕТАЛІ.....	21
4. РОЗРАХУНОК МАСОЦЕНТРУВАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК (МЦХ) ДЕТАЛІ ТА ПРИСТРОЮ ЇЇ ЗАКРІПЛЕННЯ .....	21
5. РОЗРАХУНОК МАСИ НАПИЛЮВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ.....	23
6. РОЗРАХУНОК ТА ВИБІР ВИКОНАВЧИХ МЕХАНІЗМІВ УСТАНОВКИ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ .....	23
6.1 Механізм обертання деталі.....	23
6.2 Привід переміщення плазмового напилювального пристрою....	26
6.3 Розробка установки з числовим програмним керуванням.....	31
7 РОЗРОБКА РОБОЧОГО МІСЦЯ .....	31
ВИСНОВКИ.....	33
ЛІТЕРАТУРА .....	33
Додаток А Технічне завдання.....	34
Додаток Б Ремонтне креслення.....	37
Додаток В Напилювальний пристрій.....	38
Додаток Г Обертач.....	39
Додаток Д Установка з ЧПК.....	40
Додаток Е Робоче місце.....	41
Додаток Ж Специфікація напилювального пристрою.....	42
Додаток И Специфікація обертача.....	43
Додаток К Специфікація установки з ЧПК.....	44
Додаток Л Специфікація робочого місця.....	45

## ВСТУП

Процес переходу до нових ринкових відносин потребує ефективного використання машин і устаткування, яке забезпечується високим рівнем їхнього технічного обслуговування і ремонту, наявністю необхідного числа запасних частин. В зв'язку зі спеціалізацією і концентрацією ремонтного виробництва виникає потреба в удосконаленні технологічних процесів для підвищення якості продукції.

У будь-якої машини, незалежно від того, працює вона, простоє чи транспортується, змінюються фізико-механічні параметри деталей. Одночасно знижуються техніко-економічні показники конструкції в цілому і настає момент, коли подальша її експлуатація неможлива або стає економічно недоцільною. Тому виникає необхідність у відновленні деталей.

Відомо, що при нормальній експлуатації транспортні засоби виробляють закладений ресурс через 3–4 роки при розрахунковому терміні служби 10 років і більше. Створювати техніку, яка не потребує ремонту, економічно недоцільно і технічно неможливо.

Збалансоване забезпечення запасними частинами ремонтних підприємств і сфери експлуатації машин і устаткування, як показують техніко-економічні розрахунки, доцільно здійснювати з урахуванням періодичного поновлення роботоздатності деталей, відновлених сучасними методами.

Відновлення деталей машин забезпечує економію високоякісного металу, палива, енергетичних і трудових ресурсів, а також раціональне використання природних ресурсів і охорону навколишнього середовища. Для відновлення роботоздатності зношених деталей потрібно в 5–8 разів менше технологічних операцій у порівнянні з виготовленням нових деталей.

Адже більшість зношених деталей має високу залишкову вартість: при їх відновленні витрачається у 20–30 разів менше металу і матеріалів, ніж при виготовленні нових. Наприклад, понад 90% деталей, віднесених до категорії повністю непридатних до подальшої роботи, мають знос всього 0,1–0,3 мм по діаметру, тобто втратили менше 0,5–0,1% маси, і після відновлення 65–75% їх загальної кількості практично можна використати вдруге. При капітальному ремонті техніки повторно після відновлення використовують до 70% деталей. Трудомісткість відновлення деталей становить 45–55% загальної трудомісткості капітального ремонту. Собівартість відновлення звичайно не перевищує 60...70% преїскурантної вартості нової деталі. Для відновлення не потрібні затрати на виготовлення заготовок, не потрібно обробляти незношені поверхні.

Суттєвим є можливість зміцнення поверхонь, які в процесі роботи зазнають найбільшого зносу, з врахуванням умов експлуатації.

Для виробничих умов розроблена технологія відновлення

деталей, яка часто використовується. Важливим етапом проектування технологічних процесів відновлення є вибір найбільш раціонального способу з урахуванням технічних, економічних і організаційних вимог. При цьому необхідно враховувати умови роботи деталей в спряженнях, технологічні можливості конкретного підприємства.

Залежно від ступеня пошкодження і конструкції деталей витрати на їх відновлення становлять 15–50% вартості нових. При цьому чим дорожча і складніша деталь, тим нижча відносна вартість її відновлення. Низька вартість відновлення деталей зумовлена рядом факторів: непотрібні технологічні операції виготовлення заготовки; відновлюються тільки поверхні, на яких є недопустимі пошкодження; витрачається мало матеріалів. Крім того, організація відновлення деталей дає можливість зменшити випуск товарних запасних частин, тобто знизити собівартість ремонту машин. Впровадження централізованого відновлення деталей, широке застосування поточкових ліній, автоматизація процесів ремонту деталей, машин та механізмів сприяє підвищенню ефективності ремонту.

Відновлення деталей машин забезпечує економію високоякісного металу, палива, енергетичних і трудових ресурсів, а також раціональне використання природних ресурсів і охорону навколишнього середовища. Для відновлення роботоздатності зношених деталей потрібно в 5–8 разів менше технологічних операцій у порівнянні з виготовленням нових деталей.

Висока якість відновлення деталей може бути досягнута спільними зусиллями інженерно-технічних працівників і робітників ремонтних ділянок. Важливо, щоб працівники, зайняті ремонтом машин і устаткування, знали не тільки призначення, конструкцію, знос і несправності деталей, але й досконало володіли сучасними способами і прийомами зварювання і наплавлення, нанесення гальванічних, газотермічних і полімерних покриттів; пластичного деформування; механічної, термічної й зміцнювальної обробки.

Необхідно приділяти технічному обслуговуванню і ремонту раніше випущених машин не менше уваги, ніж виробництву нових. При цьому вагомими стають технологічні способи відновлення деталей сучасними методами. Про це свідчать швидкі темпи виготовлення засобів обслуговування і ремонту. У технологічних процесах ремонту агрегатів і машин, а також відновлення деталей, закладаються такі рішення, які забезпечують високу якість і надійність відремонтованої техніки, а ресурс відновлених деталей, не нижче нових.

В курсовій роботі поставлена задача автоматизації процесу відновлення зношених поверхонь і забезпечення комфортних умов праці та досягнення високої якості відновлених поверхонь.

# 1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

## 1.1 Призначення деталі

Деталь вал з фланцем (рисунок 1.1) є важливою складовою привода насоса УКЕ–41.00 та призначений для передачі крутного моменту обертового руху на шестерню в насосі.

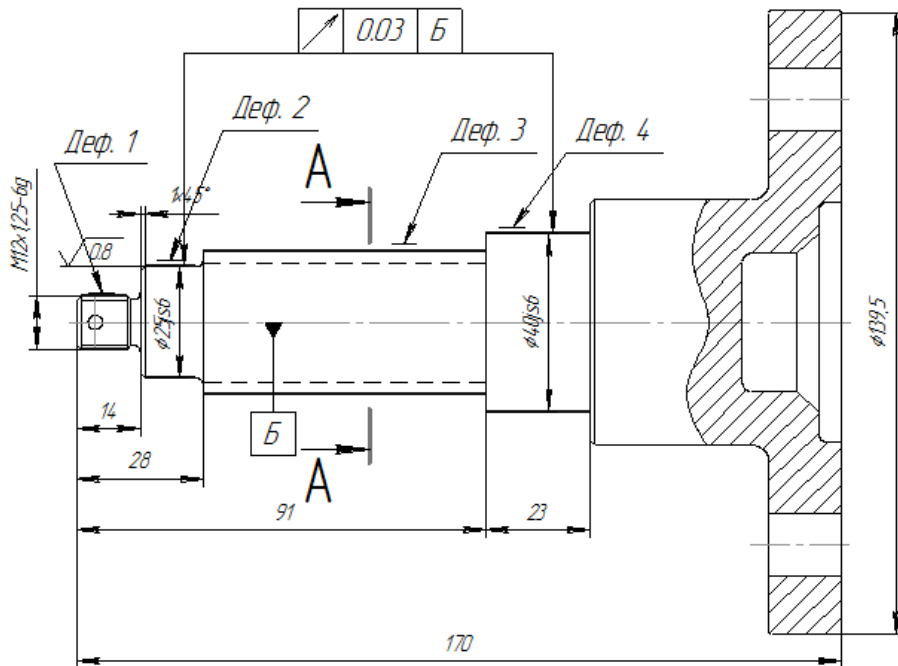


Рисунок 1.1 – Ремонтне креслення вала з фланцем УКЕ–41

Вал виготовлений із легованої сталі 25ХГМ ГОСТ 4543–71. Сталь 25ХГМ має всі якості для обробки на металорізальних верстатах без ускладнень.

Сталь 25ХГМ можна класифікувати за такими ознаками: за призначенням – конструкційна, за хімічним складом – легована; за вмістом вуглецю – низьковуглецева; за ступенем розкислювання – спокійна.

Критичні і мартенситні точки:  $AC_1 = 770\text{ }^\circ\text{C}$ ;  $Ar_1 = 665\text{ }^\circ\text{C}$ ;  $AC_m = 825\text{ }^\circ\text{C}$ ;  $Ar_{cm} = 740\text{ }^\circ\text{C}$ ;  $AC_3 = 860\text{ }^\circ\text{C}$ .

Сталь 25ХГМ характеризується високим ступенем придатності до обробки різанням, задовільною пластичністю при обробці тиском. Особливості структурних перетворень цієї сталі дозволяють для отримання необхідних властивостей широко застосовувати термічну обробку, що особливо важливо для таких деталей, як важелі, тяги, шестерні, вали.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 25ХГМ в % за ГОСТ 4543–71

С	Mn	Cr	Mo	Не більше			
				P	S	Cu	Ni
0,23 – 0,29	0,90– 1,2	0,90 – 1,2	0,20 – 0,30	0,035	0,035	0,30	0,30

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сталі 25ХГМ

Найменування	Значення	Од. вимір.	Контекст
Відносне звуження	45	%	гартування 860 °С (масло) + відпуск 500 °С (вода)
Відносне подовження після розриву	10	%	гартування 860 °С (масло) + відпуск 500 °С (вода)
Густина	7850	кг/м <sup>3</sup>	
Межа міцності	1200	МПа	гартування (масло) + відпуск 500 °С (вода)
Межа текучості	1100	МПа	гартування 860 °С (масло) + відпуск 500 °С (вода)
Зварюваність	Важкозварна		
Схильність до відпускної крихкості	не схильна		
Твердість за Бріннелем	552	НВ	гартування 850 °С (вода) + відпуск 200 °С (повітря)
Твердість за Бріннелем	217	НВ	відпал
Температура кування	1250..800	°С	
Флокеночутливість	чутлива		

## 1.2 Дефекти деталі

**Дефект 1.** Знос різьбової поверхні, що виходить за межі допустимого розміру М20х1,5–6g<sub>(-0,21)</sub> мм. Наявність дефекту зумовлюється фретингом та зношування тертям. Дефект визначаємо неозброєним оком або за допомогою мікрометра М75-1 ГОСТ166–90.

**Дефект 2.** Виникає при зношуванні поверхні під встановлення підшипника, що виходить за межі допустимого розміру  $25js6_{(-0,077)}$ . Дефект визначаємо за допомогою мікрометра М50-1 ГОСТ 166–90.

**Дефект 3.** Виникає при зношуванні шліцьової поверхні, що виходить за межі допустимого розміру  $\text{Ø}32h8_{-0,039}$ . Наявність дефекту зумовлюється фретингом та визначається за допомогою мікрометра М75–1 ГОСТ 166–90.

**Дефект 4.** Виникає при зношуванні поверхні під підшипник, що виходить за межі допустимого розміру  $\text{Ø}40js7_{-0,012}^{+0,012}$  мм. Наявність дефекту зумовлюється тертям. Дефект визначаємо за допомогою мікрометра М75-1 ГОСТ 166–90.

Таблиця 1.3 – Основні дефекти

Номер дефекта	Характер дефекта	Спосіб виявлення дефекту	Розміри, мм	
			За кресленням	Вимірний
1	Знос різьбової поверхні	Мікрометр М75–1 ГОСТ 166–90	$M20_{(-0,21)}$	$\text{Ø}19$
2	Знос поверхні під підшипник	Мікрометр М75–1 ГОСТ 166–90	$25js6_{(-0,077)}$	$\text{Ø}24,9$
3	Знос шліцьової поверхні	Мікрометр М50–1 ГОСТ 166–90	$\text{Ø}32h8_{(-0,039)}$	$\text{Ø}31,8$
4	Знос поверхні під підшипник	Мікрометр М75–1 ГОСТ 166–90	$\text{Ø}40js7_{(-0,012)}$	$\text{Ø}39,6$

Також дана деталь досліджується з метою виявлення прихованих дефектів, які виникають в процесі експлуатації чи внаслідок відновлення деталі.

### 1.3 Спосіб відновлення та обладнання

Найбільш ефективним методом відновлення дефекту 1 та 2 є напилювання за допомогою газодинамічного напилювального пристрою, який призначений для нанесення алюмінієвих, цинкових, мідних, нікелевих, бабітових та композиційних покриттів, при виконанні широкого спектра монтажних, ремонтних і відновлювальних робіт. Газодинамічний напилювальний пристрій може вбудовуватися в автоматизовані лінії та автоматизовані робочі пости.



Враховуючи поставлені задачі, було розроблено таку конструкцію газодинамічного напилувального пристрою (рис. 1.2).

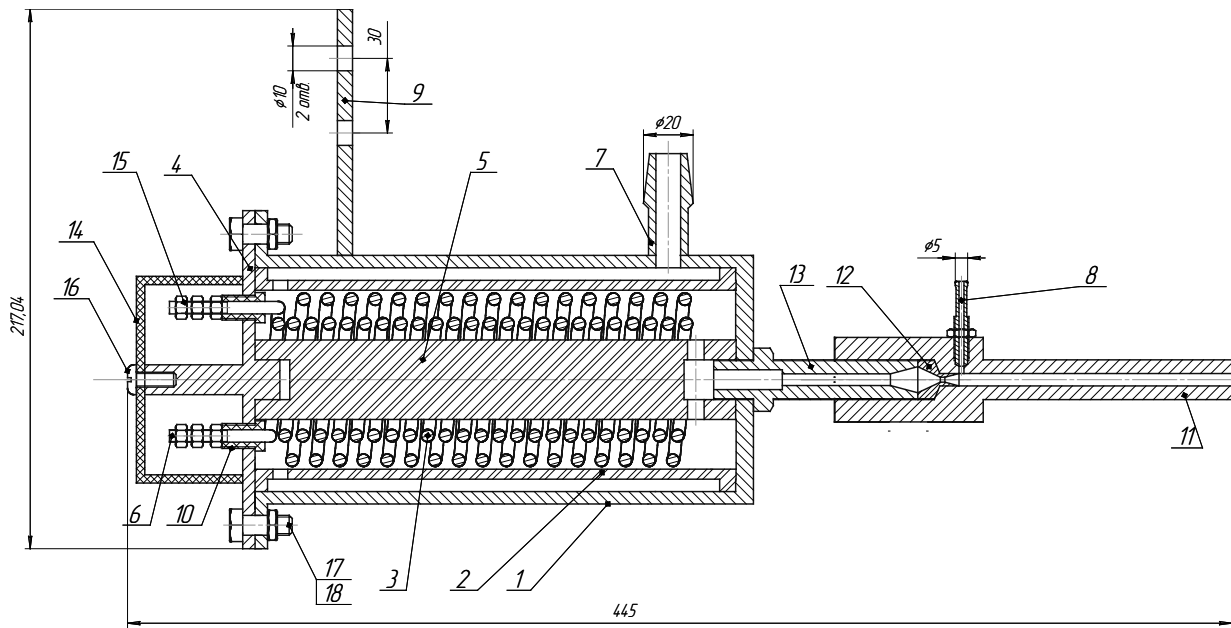


Рисунок 1.2 – Газодинамічний напилувальний пристрій

1 – корпус, 2 – керамічна втулка, 3 – спіраль нагрівача, 4 – кришка, 5 – керамічний ізолятор. 6 – клема увімкнення струму, 7 – ніпель підключення стисненого повітря, 8 – ніпель підключення подачі напилуваного матеріалу, 9 – кронштейн кріплення напилувального пристрою, 10 – втулка ізолятор, 11 – стовбур напилувальної гармати, 12 – сопло Лавалю, 13 – втулка, 14 – кришка, 15, 18 – гайки, 16 – гвинт, 17 – болт

Конструкція газодинамічного напилувального пристрою така. У корпусі 1 за допомогою болтів 17 та гайок 18 закріплена кришка 4. В кришці 4 зроблені отвори, в яких розміщено ізолятори діелектричні 10, через які виведено клеми 6 для підведення струму до спіралі 3. Клеми закріплені гайками 15, які в свою чергу є затискачами для підвідних струмопровідників. Для герметизації конструкції передбачені герметизуючі пасти, які наносяться на поверхні стику кришки 4 та корпусу 1. Ніпель 7, призначений для подачі повітря всередину пристрою. Повітря спочатку попадає в порожнину, утворену керамічною втулкою 2 та корпусом 1, та запобігає його нагріванню. Далі, через отвори, повітря проходить крізь витки спіралі та нагрівається до необхідної температури.

Всередині розміщено спіраль 3 на керамічній вставці 5, що забезпечує ізоляцію корпусу від спіралей та напрямлення руху повітря всередині напилувального пристрою.

У правій частині корпусу, за допомогою втулки 13, закріплено сопло Лавалю 12, кінцева частина якого утворює надзвукову швидкість

стиснутого повітря, яке виходить через отвір гармати 11. Через ніпель 8 подається порошок.

Технічна характеристика газодинамічного напилювального пристрою.

Маса напилювального блока – 1,3 кг;

Тиск повітря – 0,6–1,0 Мпа (6–10 атм);

Витрата стисненого повітря – 0,4 м<sup>3</sup>/хв;

Електроживлення – 220 В, 3,3 кВт;

Продуктивність за масою покриття, що наноситься на основі алюмінію: 1–6 г/хв (0,3–2 См<sup>3</sup>/хв); приймаємо 2 г/хв.

Напилювання відбувається таким чином: стиснуте повітря через ніпель 7 поступає в камеру нагрівання, де за допомогою ніхромових спіралей 3 розжарених до 1000 °С, нагрівається до температури 300–460 °С і далі потрапляє в сопло 12, де розганяється до високої швидкості і за рахунок ефекту ежекції всмоктує напилюваний порошок. Розганяє і нагріває його в розпеченому повітряному потоці і транспортує на поверхню деталі, утворюючи покриття.

#### 1.4 Розрахунок режимів напилювання

Напиленню підлягає поверхня деф. 2 та деф. 4 (див. рис. 1.1). Розрахунок проведемо для поверхні 4 із розмірами:  $D = 39,6$  мм довжиною  $L = 23$  мм. Діаметр плями напилювання береться в межах  $d = 6 - 15$  мм, приймаємо  $d = 6$  мм. (З експериментальних досліджень встановлено - для дистанції напилення 15 мм діаметр плями становить 6 мм. Для дистанції напилення 60 мм відповідно – 15 мм). Напилити необхідно до розміру  $D = 40,2$  мм.

Розробимо розрахункову схему, показану на рисунку 1.3, та схему для визначення кроку спіральної лінії, показану на рисунку 1.4.

Враховуючи, що діаметр заготовки після попередньої механічної обробки становить  $D = 39,5$  мм, а діаметр заготовки після напилювання з урахуванням припуску на механічну обробку повинен становити  $D = 40,2$  мм шар напилювання на сторону буде складати  $A = (40,2 - 39,5)/2 = 0,35$  мм. Для забезпечення більшої рівномірності покриття цю величину доцільно поділити на 3 проходи, кожен з яких буде дорівнювати  $C = A/3 = 0,116$  мм.

Крок спіральної лінії визначається за умови рівності площ зон 3 та 4. За результатами численних експериментальних досліджень цей крок становить 0,5 від діаметра  $d$  основи плями напилення.

Крок  $k$  між суміжними проходами напилення становить

$$k = 0,5d = 0,5 \cdot 6 = 3 \text{ мм.}$$

Довжину одного витка  $b$  визначимо за теоремою Піфагора

$$b = ((\pi D)^2 + k^2)^{0,5} = ((3,14 \cdot 39,5)^2 + 3^2)^{0,5} = 124,066 \text{ мм,}$$

де  $D$  – діаметр витка, який збігається з діаметром заготовки.

Кількість витків  $n$  становить

$$n = L/k = 27/3 = 9,$$

де  $L$  – довжина оброблюваної ділянки.

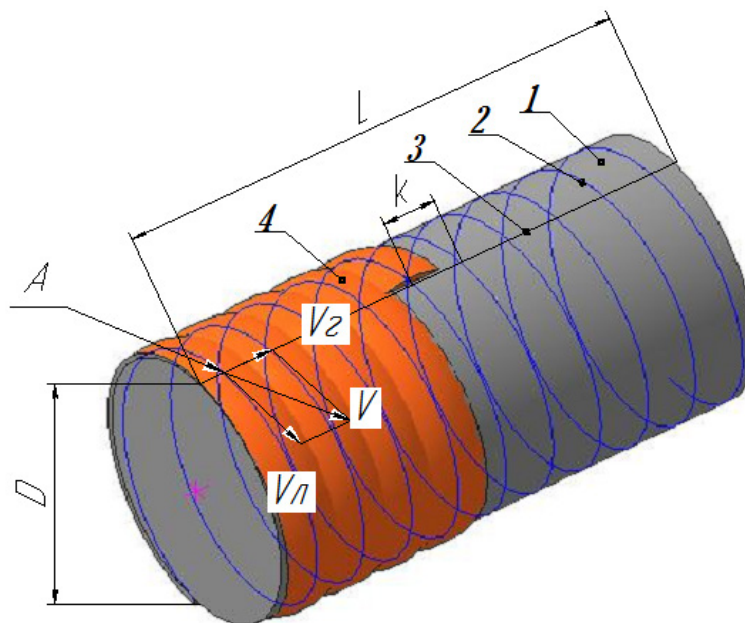


Рисунок 1.3 – Розрахункова схема: 1 – деталь, що напилюється; 2 – спіральна траєкторія руху плями напилювання; 3 – прямолінійна траєкторія руху напилювального пристрою; 4 – покриття.  $V_{л}$  – швидкість обертання деталі в точці напилювання (А),  $V_{г}$  – швидкість руху плями напилювання (А) вздовж траєкторії руху напилювального пристрою.  $V$  – швидкість плями напилювання вздовж спіральної траєкторії руху.  $L$  – довжина поверхні, що обробляється,  $k$  – крок спіральної лінії,  $D$  – діаметр деталі

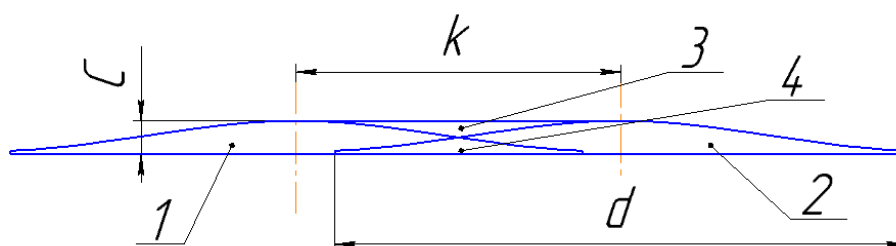


Рисунок 1.4 – Схема визначення кроку спіральної лінії: 1 – пляма першого витка покриття; 2 – пляма другого витка покриття; 3 – зона западини між плямами; 4 – зона перекриття плям

Загальна довжина спіралі  $B$  становить

$$B = nb = 9 \cdot 124,066 = 1116,6 \text{ мм.}$$

Площу поперечного перерізу  $S$  плями напилення визначимо за формулою для сегмента кола

$$S = \frac{1}{4} \left( C^2 + \frac{d^4}{16C^2} + \frac{d^2}{2} \right) \arccos \left( \frac{d^2 - 4C^2}{d^2 + 4C^2} \right) - \frac{1}{4} \left( \frac{d^3}{4C} - Cd \right) = 0,464 \text{ мм}^2.$$

Визначимо масу ( $M$ ) одного шару напилювання. Для цього площу поперечного перерізу плями  $S$  напилювання перемножимо на загальну довжину спіралі ( $B$ ) та на густину порошкового матеріалу  $\rho$  (для порошка А20–11  $\rho = 0,0053 \text{ г/мм}^3$ )

$$M = S B \rho = 0,464 \cdot 1116,6 \cdot 0,0053 = 2,745 \text{ г.}$$

Для всього покриття  $M_1 = M \cdot 3 = 2,745 \cdot 3 = 8,24 \text{ г}$ , а з урахування коефіцієнта використання порошку який для газодинамічного напилювання становить  $0,4$ , для здійснення напилювання знадобиться всього порошку

$$M_2 = M_1 / 0,4 = 8,24 / 0,4 = 20,6 \text{ г.}$$

Визначимо час напилювання  $t$  одного шару покриття.

$$t = M/P = 2,745/2 = 1,37 \text{ хв,}$$

де  $P = 2 \text{ г/хв}$  – продуктивність напилювального пристрою (характеристика пристрою).

Загальний час напилювання

$$T = 3t = 3 \cdot 1,37 = 4,12 \text{ хв.}$$

Визначим горизонтальну швидкість руху напилювального пристрою  $V_H$ . Для цього, знаючи довжину шляху горизонтального переміщення  $L$  та час напилювання одного шару  $t$ , визначимо горизонтальну швидкість руху напилювального пристрою

$$V_H = L/t = 23/1,37 = 16,79 \text{ мм/хв.}$$

Визначимо швидкість руху плями вздовж спіральної траєкторії  $V$ .

$$V = B/t = 848,21/1,37 = 619,13 \text{ мм/хв.}$$

Визначимо швидкість обертання деталі  $V_n$

$$V_n = (V^2 - V_H^2)^{0,5} = (619,13^2 - 16,79^2)^{0,5} = 618,9 \text{ мм/хв.}$$

Визначимо кількість обертів деталі за хвилину

$$n = V_n / (\pi D) = 618,9 / 3,1415926 / 40 = 4,925 \text{ об/хв.}$$

## 2 СТВОРЕННЯ КОНСТРУКТИВНОЇ СХЕМИ УСТАНОВКИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ВІДНОВЛЕННЯ

Розробимо конструктивну схему установки. З'ясуємо, з яких основних компонентів має складатися установка для автоматизованого відновлення деталі (рисунок 2.1)

Основними елементами конструктивної схеми є напилювальний пристрій 1, закріплений на блоці вертикального переміщення 2, що забезпечує можливість при необхідності змінювати відстань між деталлю та напилювальним пристроєм. Блок вертикального переміщення 2 закріплено на каретці блока горизонтального переміщення 4, що забезпечує можливість переміщення напилювального пристрою вздовж деталі 5. Поруч з напилювальним пристроєм 1 розташований живильник 3, який забезпечує необхідну кількість порошку, що подається у напилювальний пристрій. Відновлювана деталь 5 закріплюється у патроні 6. Патрон 6 закріплено на шпинделі 7. Шпиндель 7 через муфту 8 з'єднано з електромотором 9, закріпленим на рамі.

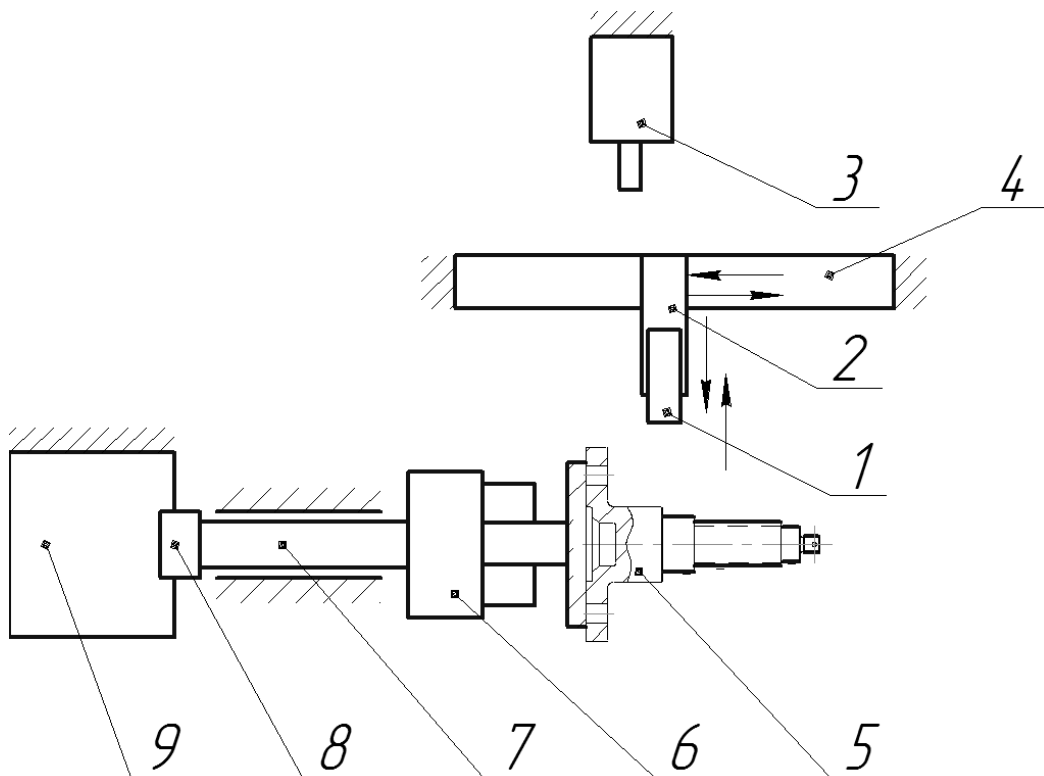


Рисунок 2.1 – Конструктивна схема установки відновлення

1 – напилювальний пристрій, 2 – блок вертикального переміщення, 3 – живильник, 4 – блок горизонтального переміщення, 5 – відновлювана деталь, 6 – патрон, 7 – вал шпинделя, 8 – муфта, 9 – електромотор

### 3 ВИЗНАЧЕННЯ СПОСОБУ ЗАКРІПЛЕННЯ ДЕТАЛІ

Враховуючи те, що вал має довжину 170 мм, діаметр 140 мм, розташуємо його в горизонтальному положенні (рисунок 3.1). Застосуємо закріплювальний пристрій у вигляді планшайби, закріпленої на валу 1.

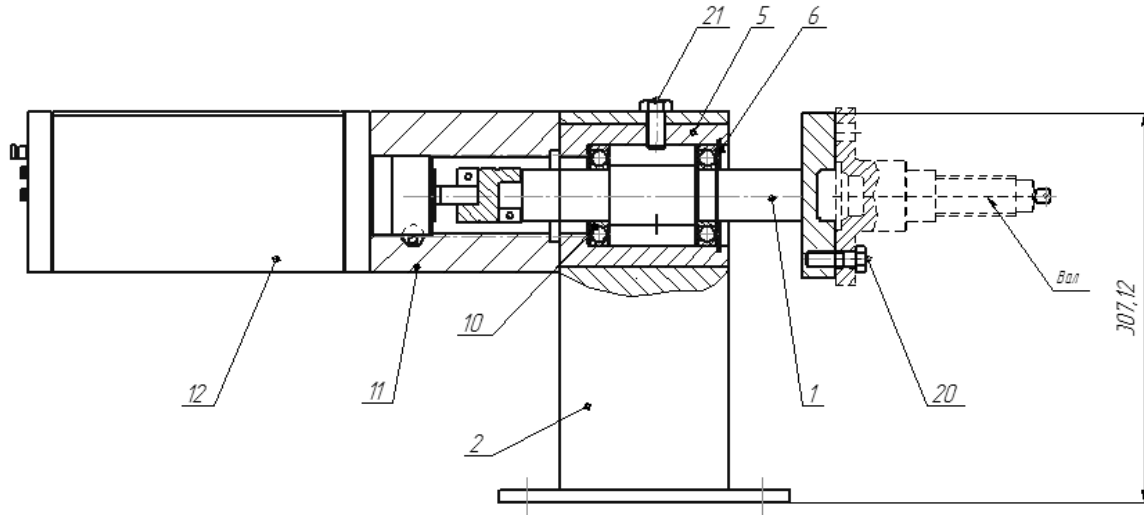


Рисунок 3.1 – Обертач

1 – вал шпинделя з планшайбою, 2 – корпус шпинделя, 5 – втулка, 6 – стопорне кільце, 10 – підшипники, 11 – осьовий набір, 12 – електропривод, 20 – болт, 21 – фіксатор

Шпиндель обертача обладнаємо підшипниками 80204, які в радіальному напрямку здатні витримати статичне навантаження  $C_0 = 1270$  кг. При масі обертової частини 3 кг цього більш ніж достатньо для нормальної роботи. Підшипник 80204 пило захищеного виконання, вибрано з конструктивних міркувань.

Знаючи конструкцію шпиндельного вузла та способу закріплення, можна визначити електромотор, який буде здатний обертати рухомі деталі шпиндельного вузла з пристосуванням та відновлюваною деталлю.

Для вибору електромотора треба розрахувати масоцентрувальні характеристики всіх тіл, які обертаються в процесі відновлення деталі.

### 4 РОЗРАХУНОК МАСОЦЕНТРУВАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК (МЦХ) ДЕТАЛІ ТА ПРИСТРОЮ ЇЇ ЗАКРІПЛЕННЯ

Для визначення масоцентрувальних характеристик розробимо 3D-моделі усіх деталей, що обертаються (рисунок 4.1)

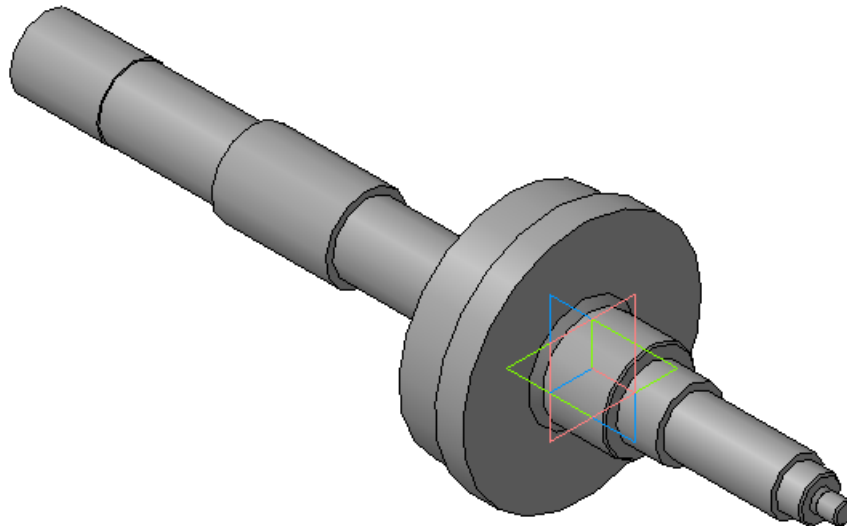


Рисунок 4.1 – 3D-модель усіх деталей, що обертаються в процесі відновлення

В програмі Компас визначимо масоцентрувальні характеристики.

Матеріал                      Сталь 10ГОСТ 1050–88.

Густина матеріалу         $R_o = 0,007820 \text{ г/мм}^3$ .

Маса                             $M = 9,1 \text{ кг}$ .

Площа                         $S = 104028 \text{ мм}^2$ .

Об'єм                          $V = 1162541 \text{ мм}^3$ .

Центр мас                    $X_c = -66,38990 \text{ мм}$ ,

$Y_c = 0 \text{ мм}$ ,

$Z_c = 0 \text{ мм}$ .

Моменти інерції

В центральній системі координат:

Осьові моменти інерції     $J_x = 91790473 \text{ г}\cdot\text{мм}^2$ ,

$J_y = 91790473 \text{ г}\cdot\text{мм}^2$ ,

$J_z = 11588977 \text{ г}\cdot\text{мм}^2$ .

## 5 РОЗРАХУНОК МАСИ НАПИЛЮВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ

Розробимо 3D-модель напилювального пристрою (рисунок 5.1)

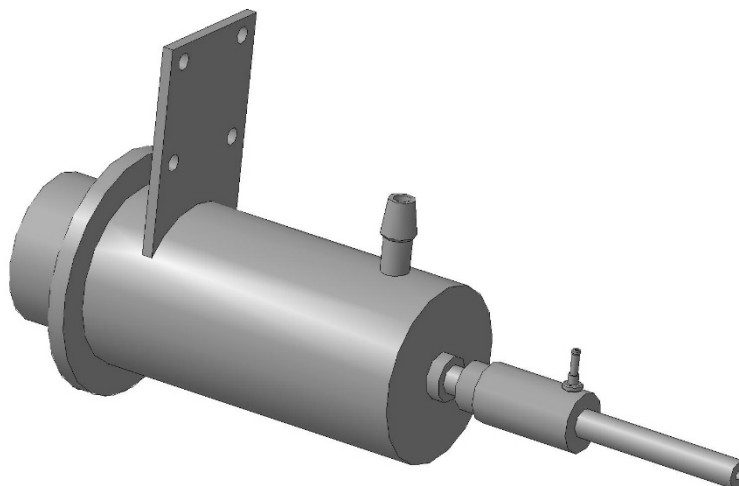


Рисунок 5.1 – 3D-модель напилювального пристрою.

Розрахуємо засобами САПР «Компас» масу напилювального пристрою

Маса	$M = 1300$ г.
Площа	$S = 107653$ мм <sup>2</sup> .
Об'єм	$V = 107310$ мм <sup>3</sup> .
Центр мас	$X_c = 200$ мм, $Y_c = 8,089661$ мм, $Z_c = 0,000000$ мм.

## 6 РОЗРАХУНОК ТА ВИБІР ВИКОНАВЧИХ МЕХАНІЗМІВ УСТАНОВКИ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ

### 6.1 Механізм обертання деталі

Для розрахунку привода обертання застосуємо програму Positioning drives компанії Festo. Вихідними даними для розрахунку привода обертання є момент інерції тіл, які треба обертати (в нашому випадку становить  $J_z = 11588$  кг·мм<sup>2</sup>, додаткові сили, які є гальмівними або прискорювальними (в нашому випадку відсутні). Відстань від центра ваги деталей, що обертаються, – приймається нульовою тому, що застосовано додатковий проміжний шпиндель, який сприймає всі навантаження від



маси тіл, що обертаються. Максимальна частота обертання – розрахункова 6,5 об/хв, приймаємо – 7, що дасть змогу обробляти більшу номенклатуру деталей. Час розгону приймаємо 1 с. Тип привода – сервопривод постійного струму, включно з вбудованими гальмами та варіантами з вбудованим редуктором. Монтажне розташування – горизонтальне.

В результаті розрахунку отримано такий результат (рисунок 6.1)

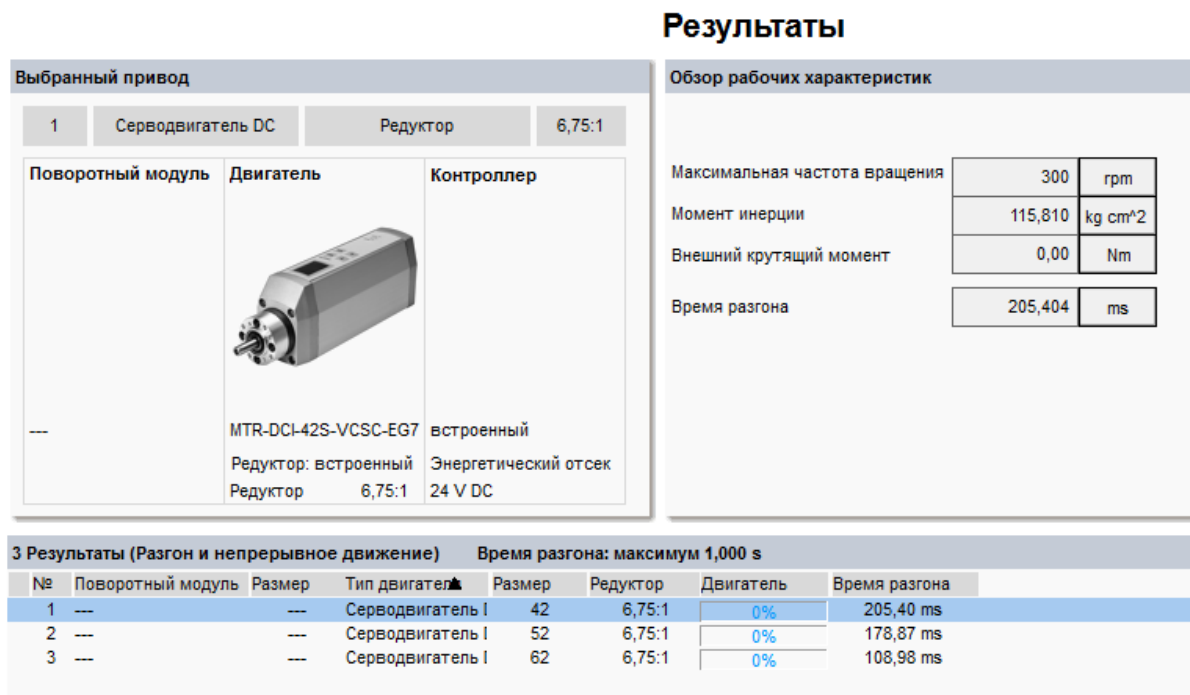


Рисунок 6.1 – Вибір двигуна обертача

Замовимо на сайті [FESTO.COM.UA](http://FESTO.COM.UA) 3D-модель вибраного привода обертання в форматі sat, який розпізнає програма «Компас».

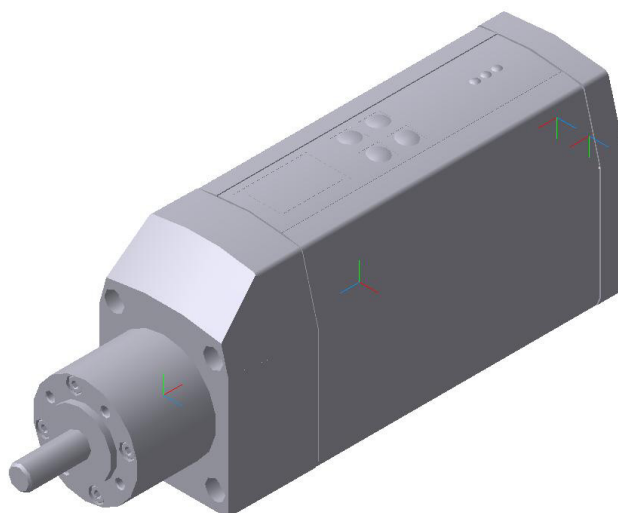


Рисунок 6.2 – 3D-модель сервомотора MTR-DCI-42S-VCSC-EG14

Спроекуємо вузол обертання. Для цього необхідно з'єднати сервомотор з валом шпинделя та закріпити підшипниковий вузол

шпинделя і сервомотор на одній платформі. Спочатку на сайті Festo.com.ua вибираємо осьовий набір, який знаходиться у розділі «Приладдя» відповідної сторінки сайту Festo (рисунок 6.3).

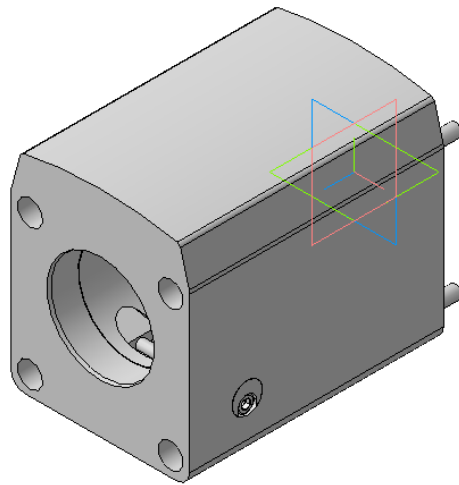


Рисунок 6.3– Осьовий набір 556996\_EAMM\_A\_E72\_62B\_3\_0

Згідно з рисунком 3.1 розробимо 3D-модель обертача (рисунок 6.4). Для чого спочатку розробимо 3D-модель шпиндельного вузла та з'єднаємо з ним вибраний сервомотор і осьовий набір (рисунки 6.2, 6.3).

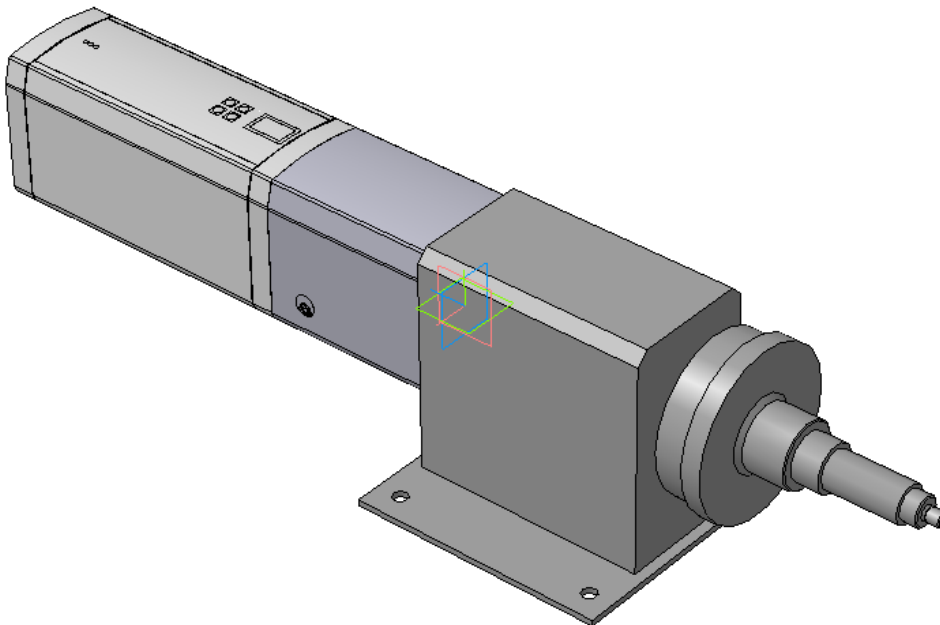


Рисунок 6.4 – Обертач складений

Складальне креслення привода обертання дивись додаток Г.

## 6.2 Привод перемещения напильного устройства

Вихідними даними для вибору привода переміщення напильного пристрою є маса, яку необхідно переміщувати, це маса напильного пристрою 1,3 кг, плюс маса кронштейна, за допомогою якого пристрій кріпиться до консольного привода та приєднаних комунікації, яка приблизно становить до 1,5 кг. Разом ця маса становить  $1,3 + 1,5 = 2,8$  кг. Ще однією величиною для вибору привода є величина переміщення, яка дорівнює перепаду діаметрів відновлюваної деталі і становить 100 мм.

Застосувавши програму PositioningDrivis, знайдемо можливе рішення у вигляді привода позиціонування, рисунок 6.5.




**Результаты**

**Результат № 291**

Пожалуйста гарантируйте, что следующие динамические значения, на которых основано определение размеров, не превышают допустимых значений для вашего оборудования.  
 Скорость: 0,486 м/с  
 Ускорение: 25,000 м/с<sup>2</sup>  
 Тормоза: 25,000 м/с<sup>2</sup>

= Добавить (Сравнить продукты)

**Выбранный привод**

Привод	Двигатель	Контроллер
		
EGSL-BS-45-100-10P	EMMS-AS-40-S-LS-TM	CMMP-AS-C2-3A-Mx
Осевой: EAMM-A-D32-35A-40A	Нет редуктора	Энергетический отсек 230 VAC (Однофазный)

**Обзор рабочих характеристик**

Эффективный ход	Запрошенный	100 mm
Точность повторения	+/-	0,5 mm
Движущаяся масса		2,8 kg
Горизонтальный 0°		0,0 N
Дополнительное внешнее усилие		0,0 N
Время перемещения + Паузы		0,860 s
Паузы		0,400 s

**319 Результаты (Оптимальные типоразмеры осей)**

Полезная длина, без ограничения времени: Время перемещения + Паузы: максимум 60,000 s, Серводвигатели: Паузы (Определяется пользователем) 0,200 s

№	Привод	Размер	Направляющ	Двигатель	Редуктор	Привод	Двигатель	Направляющ	Время перемещ
291	Шариковая винтовая п	45	Сепаратор поди Серводвига	---	---	77 %	98 %	15 %	0,460
292	Шариковая винтовая п	45	Сепаратор поди Серводвига	---	---	82 %	99 %	14 %	1,139

Рисунок 6.5 – Возможное решение у вигляді консольного привода позиціонування

Замовимо на сайті FESTO.COM.UA 3D-модель вибраного привода. Для того, щоб цей привод працював, його треба укомплектувати кроковим двигуном, осьовим набором, кронштейном для кріплення, які виберемо у форматі sat, і які показані на рисунках 6.5–6.8.

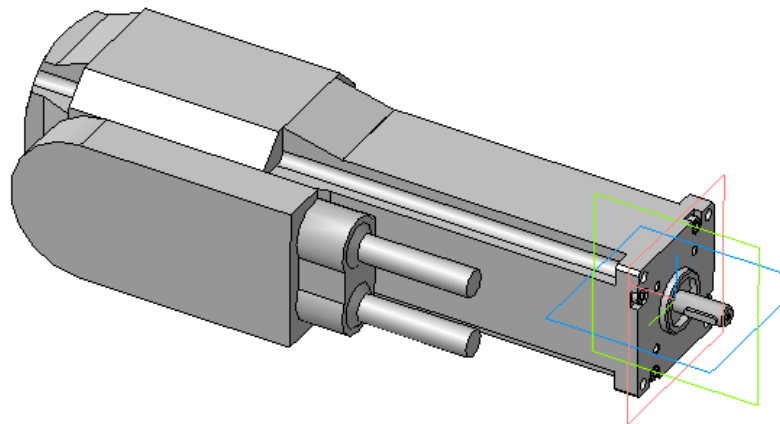


Рисунок 6.6 – Кроковий електромотор  
560875\_EMMS\_AS\_40\_S\_LS\_TM

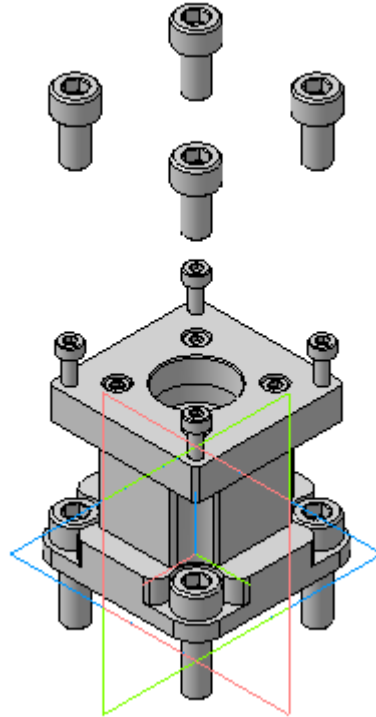


Рисунок 6.7 – Осьовий набір 543147\_EAMM\_A\_D32\_40A\_3\_0

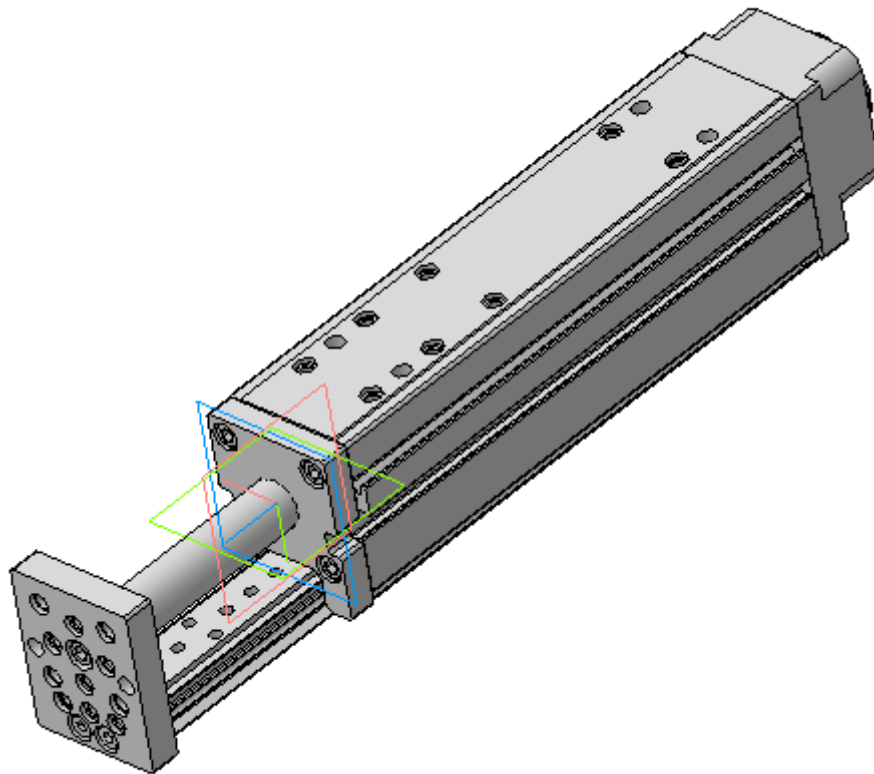


Рисунок 6.8 – Консольний привод 562225\_EGSL\_BS\_45\_100\_10P

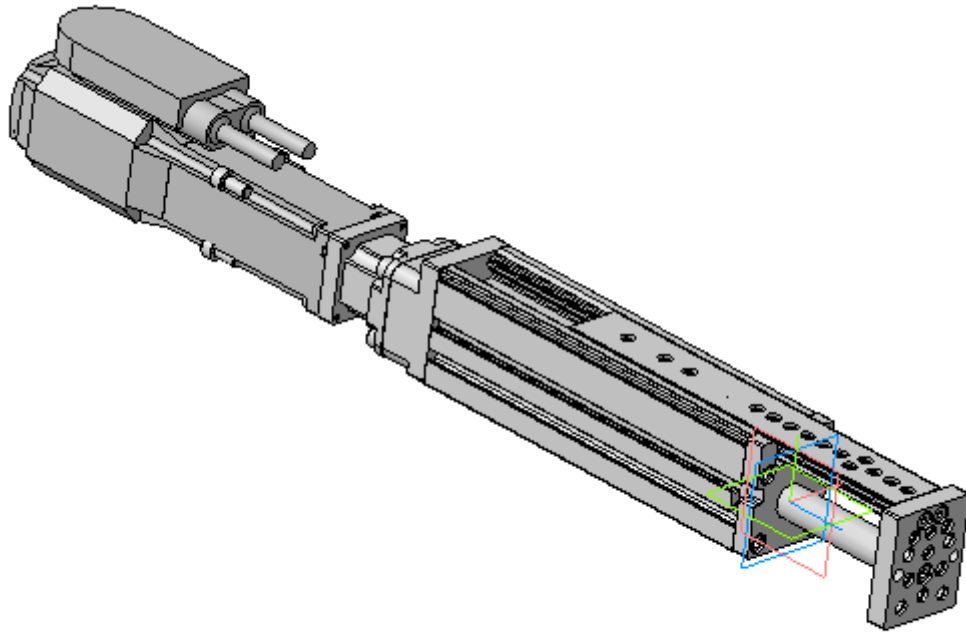


Рисунок 6.9 – Консольный привод складений з кроковим електромотором

Маса складеного консольного привода (рисунок 6.9) з кроковим електромотором в зборі з напилювальним пристроєм 7,3 кг. Враховуючи це та розміри деталі які необхідно обробити, тобто довжину 170 мм, виберемо порталний привод за допомогою програми PositioningDrives.

**Результаты**

**Результаты: № 4**

Пожалуйста гарантируйте, что следующие динамические значения, на которых основано определение размеров, не превышают допустимых значений для вашего оборудования.

Скорость: 0,365 m/s  
Ускорение: 6,628 m/s<sup>2</sup>  
Тормоза: 6,628 m/s<sup>2</sup>

Направляющая Степень

**Выбранный привод**

Ось	Двигатель	Контроллер
		
DGE-25-ZR-RF-GK	EMMS-ST-87-M-S-G2 Нет редуктора	СММО-ST-C5-1-... Энергетический отсек 24 V DC
Осевой: EAMM-A-F37-87A		

**Обзор рабочих характеристик**

	Запрошенный	Возможно с осью
Полезная длина	293,000 mm	5000,000 mm
Точность повторения +/-	0,500 mm	0,100 mm
Движущаяся масса	8 kg	15 kg
Горизонтальный 0 °		
Дополнительное внешнее усилие	0,0 N	
Время перемещения		0,862 s
Паузы = 0 с Шаговый двигатель		

**427 Результаты: Оптимальные типоразмеры осей** Фильтр результатов

Полезная длина, без ограничения времени: Время перемещения + Паузы: максимум 60,000 s, Серводвигатели: Паузы (Определяется пользователем) 0,200 s

№	Ось	Размер	Направляющая	Двигатель	Редуктор	Ось	Двигатель	Направляющая	Время перемеще
№	Ось	Размер	Направляющая	Двигатель	Редуктор	Ось	Двигатель	Направляющая	Время перемеще
1	Направляющий винт	18	Подшипник скольжен	Шаговый	---	1 %	98 %	9 %	14,977
2	Направляющий винт	25	Подшипник скольжен	Шаговый	---	23 %	87 %	7 %	5,885
3	Направляющий винт	25	Подшипник скольжен	Шаговый	---	2 %	98 %	5 %	7,922
4	Зубчатый ремень	25	Ролик	Шаговый	---	24 %	98 %	63 %	0,862

Рисунок 6.10 – Возможные рішення у вигляді порталного привода позиціонування

Замовимо на сайті FESTO усі необхідні комплектуючі (рисунки 6.11–6.14).

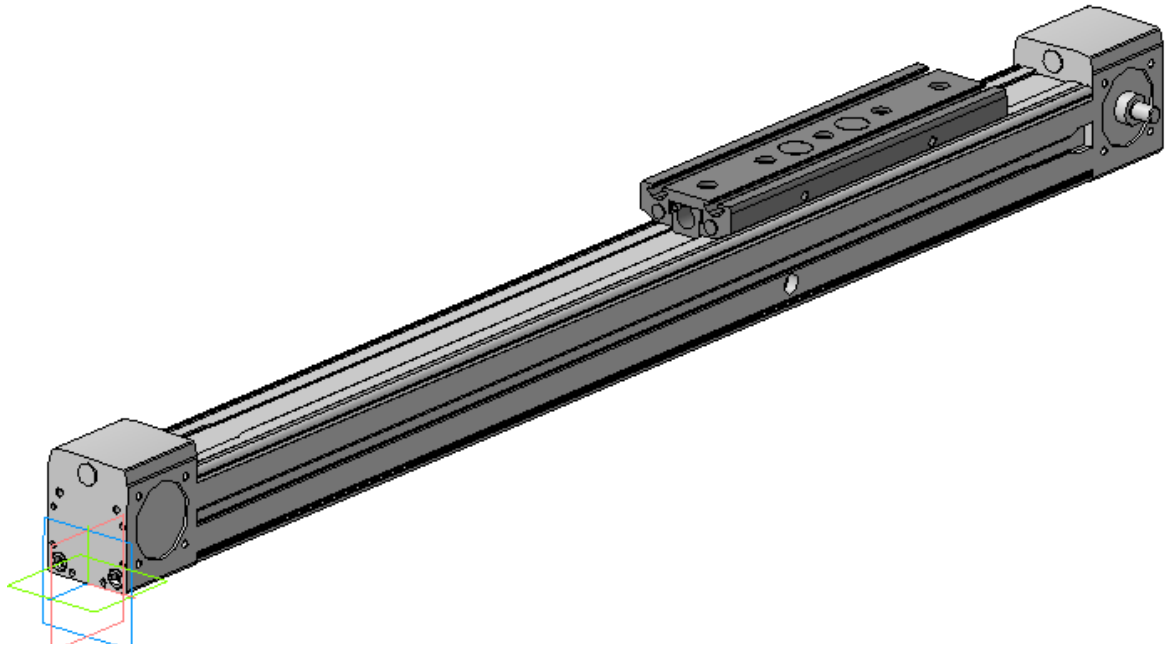


Рисунок 6.11 – Портальна вісь 534391\_DGE\_25\_300\_ZR\_KF

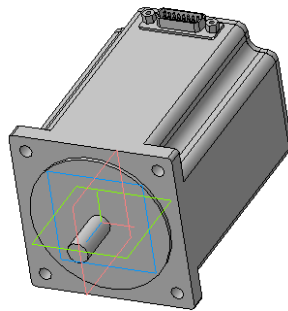


Рисунок 6.12 – Кроковий двигун 1370486\_EMMS\_ST\_87\_M\_S\_G2\_3\_0

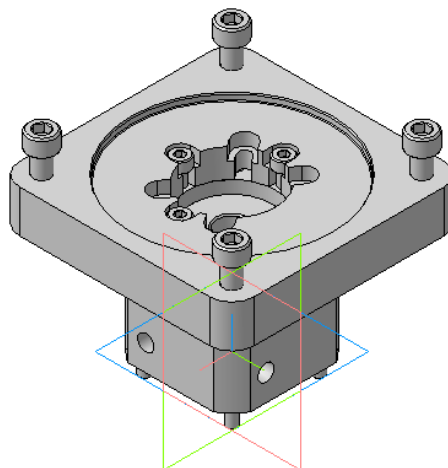


Рисунок 6.13 – Осьовий набір 1133405\_EAMM\_A\_R48\_87A\_3\_0

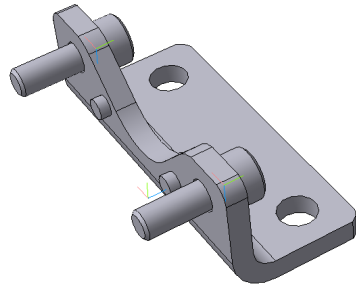


Рисунок 6.14 – Кріплення 150731\_HP\_25\_3\_0

Для того щоб цей привод працював до нього треба приєднати кроковий двигун (рисунок 6.12), осьовий набір (рисунок 6.13), кріплення (рисунок 6.14) Типорозміри вказаних деталей вибираємо згідно з розділом "documentations" та розділом "accessories", які є доступними при виборі конкретного механізму на сайті Festo.com.ua

З'єднаємо усі механізми згідно з їх функціональним призначенням та отримаємо функціональний вузол вертикального та горизонтального переміщень напилювального пристрою та обертання деталі. Розмістимо у просторі всі деталі згідно з їх призначенням (рисунок 6.15).

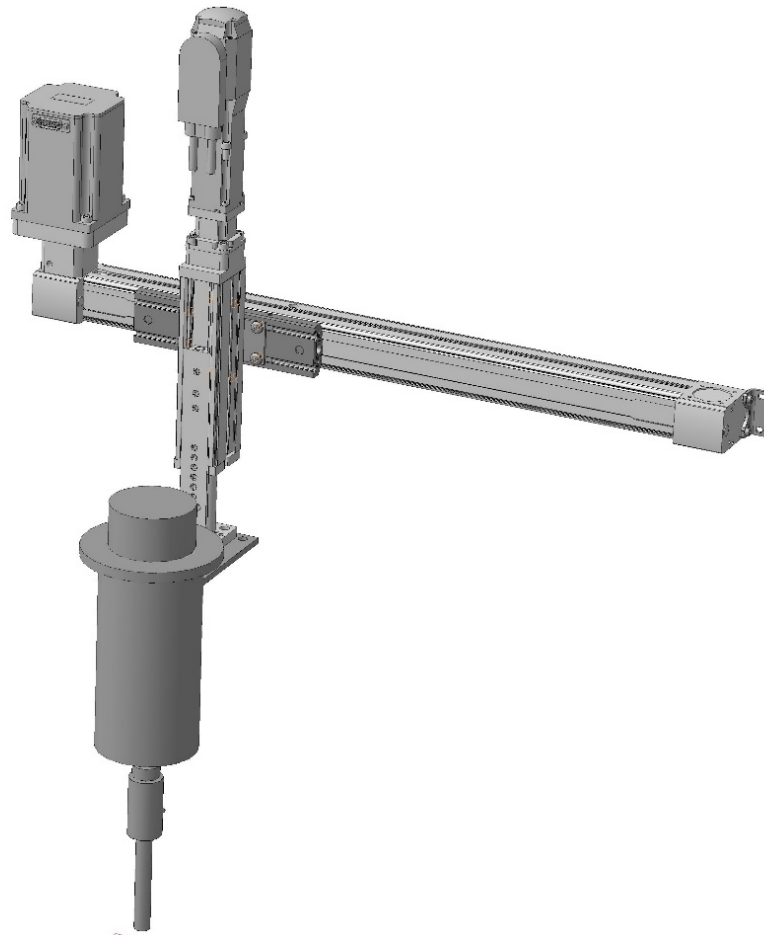


Рисунок 6.15 – Механізм переміщення напилювального пристрою (3D-модель)

### 6.3 Розробка установки з числовим програмним керуванням

Наступним кроком є створення рамної конструкції, яка забезпечить задане взаємне розташування всіх механізмів. Для створення рамної конструкції використаємо профільний металопрокат, а саме, швелер ГОСТ 8240–79 № 16. Конструкція рами зварна. Зварювання електродугове за ГОСТ 5264–80.

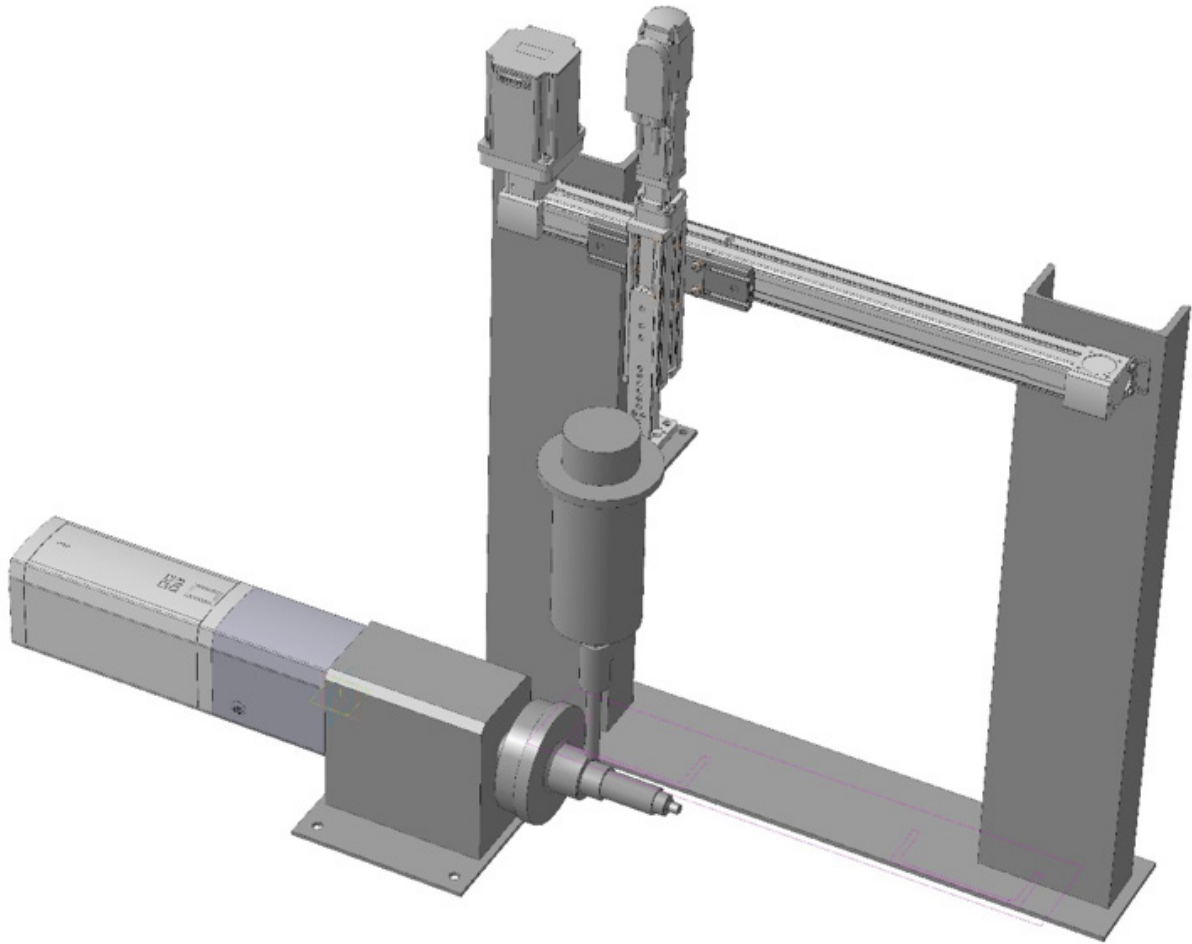


Рисунок 6.16 – Установка з числовим програмним керуванням

Складальне креслення установки для відновлення вала та інших подібних деталей довжиною не більше 300 мм та діаметром не більше 100 мм наведено в додатку Д.

## 7 РОЗРОБКА РОБОЧОГО МІСЦЯ І ВИМОГИ БЕЗПЕКИ

Виробничі приміщення цеху, в яких розміщуються дільниці для напилювання, повинні бути побудовані з вогнетривких матеріалів і розташовуватись в окремих кабінах або відокремлюватися ширмами.



Підлога у приміщеннях повинна бути виконана з негорючих матеріалів. На робочих місцях під ногами повинні бути дерев'яні ґрати або гумові килимки.

Для освітлення використовуються газорозрядні лампи. В приміщенні також використовується освітлення через вікна.

До роботи з устаткуванням допускається персонал, що має право роботи з електроінструментом і стисненим повітрям (кваліфікаційна група з ТБ не нижче 3), який пройшов навчання в постачальника обладнання правилам і прийомам роботи.

Для забезпечення пилозахисту персоналу і навколишнього середовища при роботі з устаткуванням у закритих приміщеннях необхідна організація робочого місця зі відсмоктуванням запиленого повітря з робочої зони, де відбувається напилювання покриттів, і наступним його очищенням.

Пилозахищена камера повинна забезпечувати можливість розміщення в ній оброблюваних виробів за умови доступу до них соплом напилювального блока. Персонал повинен бути захищений індивідуальними засобами пилозахисту (окуляри, респіратор).

Фільтр повинен забезпечувати очищення запиленого повітря від пилу. Витяжний вентилятор повинен забезпечувати ефективне відсмоктування запиленого повітря із системи "пилозахищена камера – фільтр – повітро–проводи". Продуктивність вентилятора, навантаженого на фільтр, повинна бути не менше 2 куб. м/хв.

Для системи пилоочищення можуть використовуватися як готові промислові пирососи з достатнім ступенем фільтрації повітря і продуктивністю, так і спеціально виготовлені пристрої, що можуть містити циклони, фільтри тонкого очищення і витяжні вентилятори.

Робоче місце (додаток Е) складається з установки з числовим програмним керуванням 1, яка встановлена у захисному боксі 2, в боксі встановлено живильник, який подає розпилюваний матеріал в напилювальний пристрій. Бокс 2 оснащено притоковою 3 та витяжною вентиляцією 4. Електроживлення здійснюється від джерела живлення 5. Керування установкою здійснюється від комп'ютера 7 та контролерів 9. Робочий газ подається від балона або від компресорної станції. Шинопровід 8 забезпечує підведення всіх комунікацій до виконавчих механізмів.

Для здійснення керування установкою застосовуються програми CoDeSys або Mach 3.

## ВИСНОВКИ

В поданій курсовій роботі проаналізовано конструкцію відновлюваної деталі, її дефекти та заданий спосіб відновлення. Розраховано режими відновлення. Для реалізації процесу відновлення розроблено конструкторську документацію на складальне креслення установки автоматизованого відновлення з використанням виконавчих механізмів з числовим програмним керуванням. Як виконавчі механізми застосовані механізми фірми FESTO – світового лідера у галузі автоматизації та механізації виробничих процесів. В процесі роботи застосовувались такі програми. Програма Компас – для 3D-моделювання та розрахунку масо-центрувальних характеристик і креслення. Програма PositioningDrives – для розрахунку і вибору виконавчих механізмів та комплектуючих деталей. Використовувались 3D-моделі механізмів та деталей завантажених із сайту FESTO.COM.UA

## ЛІТЕРАТУРА

1. Порошковая металлургия и нанесение покрытий : учебник для вузов./ [В. Н. Анциферов, Г. В. Бобров, Л. К. Дружинин и др.] – М. : Металлургия 1987. – 792 с.
2. Коротеев А. С. Плазмотроны: конструкции, характеристики, расчет / Коротеев А. С., Миронов В. М., Свирчук Ю. С. – М. : Машиностроение, 1993. – 296 с.
3. Газотермические покрытия из порошковых материалов.: [справочник] / Ю. С. Борисов, Ю. А. Харламов, С. Л. Сидорченко, Е. Н. Ардатовская – Киев : Наукова думка, 1987. – 544 с.
4. Інженерія поверхні : [підручник]. / К. А. Ющенко, Ю. С. Борисов, В. Д. Кузнецов, В. М. Корж – К. : Наукова думка, 2007. – 559 с.

## Додаток А

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідуючий кафедри ТПЗ,  
д.т.н., проф.  
В. І. Савуляк  
“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

### ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на курсову роботу

Проектування установки з числовим програмним керуванням для  
автоматизації процесу напилювання деталей з масогабаритними  
характеристиками на прикладі заданої деталі  
08–30. КР. ПКОН. 001.00.00.000 ТЗ

Керівник :

доц. Гайдамак О. Л.

Виконавець: ст. гр. \_\_\_\_\_

Шевченко О. О.

Вінниця 2017

## 1. Назва та об'єкт проектування

Проектування установки з числовим програмним керуванням для автоматизації процесу напилювання деталей з масогабаритними характеристиками на прикладі заданої деталі

Умовне позначення: 08–30. КР.ПКОН..001.02.000.ХХ.

08–30 – шифр кафедри, КР – курсова робота, ПКОН – шифр дисципліни, 001 – номер варіанта за списком, 02 – нумерація складальних одиниць, 000 – нумерація деталей, ХХ – умовне позначення типу документа (ВЗ, СК).

## 2. Мета, призначення та джерела розробки

Розробка установки з числовим програмним керуванням проводиться на основі індивідуального завдання на курсову роботу, складеного відповідно до вимог навчального плану підготовки спеціалістів у ВНТУ і затвердженого кафедрою ТПЗ.

Призначенням даної курсової роботи є виконання конструкторських розробок для створення автоматизованого комплексу відновлення або зміцнення деталей машин.

Мета курсової роботи – закріплення і розширення теоретичних та практичних навиків щодо проектування автоматизованого обладнання відновлення та зміцнення деталей.

Джерелами розробки є:

- методика техніко–економічного обґрунтування роботи;
- методика розрахунків режимів відновлення або зміцнення деталей;
- методика модернізації та проектування конструкції обладнання для відновлення або зміцнення;
- вимоги комплекту документів «Єдина система конструкторської та технічної документації»;

Загальна характеристика: установка з ЧПК призначена для створення автоматизованого робочого місця для напилювання поверхонь деталей.

## 3. Вимоги до установки з ЧПК

1. Для проектування установки з ЧПК застосовуються комплектуючі фірми FESTO.

2. Допускається використання електромеханічних та пневматичних приводів.

3. Установка з ЧПК повинна забезпечити можливість напилювання на деталі, що мають розміри на 30 % менші відносно заданої деталі за варіантом.

4. Вибрані електромеханічні приводи повинні мати завантаженість приблизно 70–90% від максимально можливої.

5. Рама установки з ЧПК повинна бути спроектована зі стандартних профілів (кутики, швелери і т. п.), суцільно зварна.

#### 4. Вимоги до пристрою для напилювання

1. Пристрій для напилювання повинен забезпечувати відновлення поверхонь деталей для заданих умов праці.

2. Пристрій для напилювання проектується з використанням стандартних різьб. Номінальні розміри деталей повинні мати цілі числа (без десятих та сотих), проектування ведеться в масштабі 1:1.

3. При наявності систем водяного охолодження повинна бути забезпечена надійна герметизація цих систем.

#### 5. Вимоги техніки безпеки до установки з ЧПК та робочого місця

1. Установка з ЧПК повинна забезпечити можливість зручного встановлення та зняття оброблюваної деталі.

2. Повинно бути забезпечено надійне заземлення для запобігання враженню електричним струмом.

3. При наявності в процесі обробки шкідливих викидів в атмосферу повинна бути забезпечена вентиляція робочої зони та очищення забрудненого повітря.

4. Конструктивні рішення повинні відповідати вимогам безпеки згідно зі встановленими параметрами відповідних стандартів з охорони праці та безпеки виробництва.

5. Викиди в навколишнє середовище не повинні перевищувати параметри, встановлені екологічним паспортом підприємства.

#### 6. Вимоги до рівня уніфікації та стандартизації

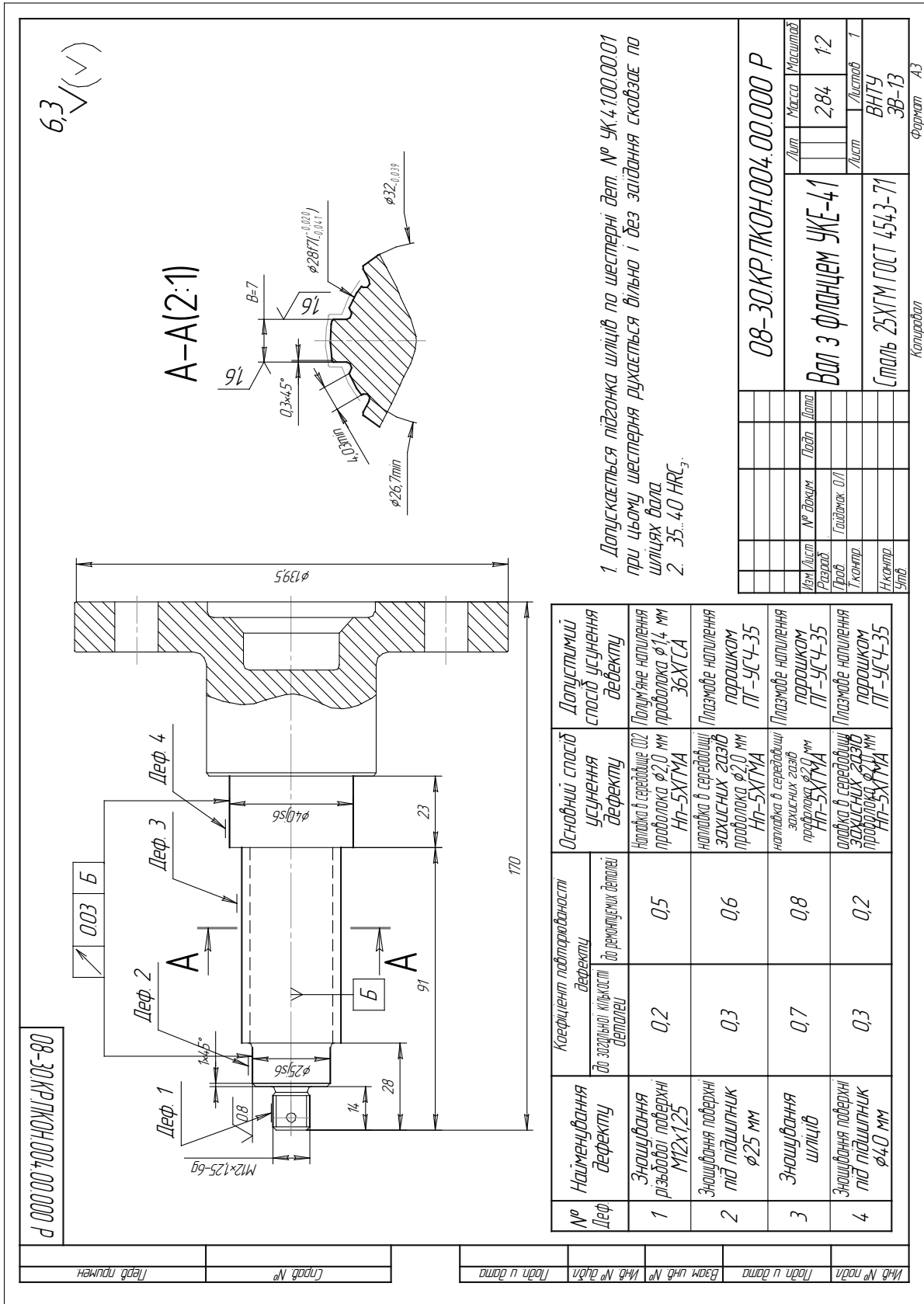
З метою підвищення надійності, ремонтпридатності та економічності експлуатації технологічного обладнання, що розробляється, слід максимально застосувати стандартні вироби.

Рівень стандартизації та уніфікації конструкції повинен складати не менше 70%.

#### 7. Порядок контролю та приймання

Контроль та приймання розробок виконується відповідно до плану— графіка, наведеного в індивідуальному завданні.

Додаток Б

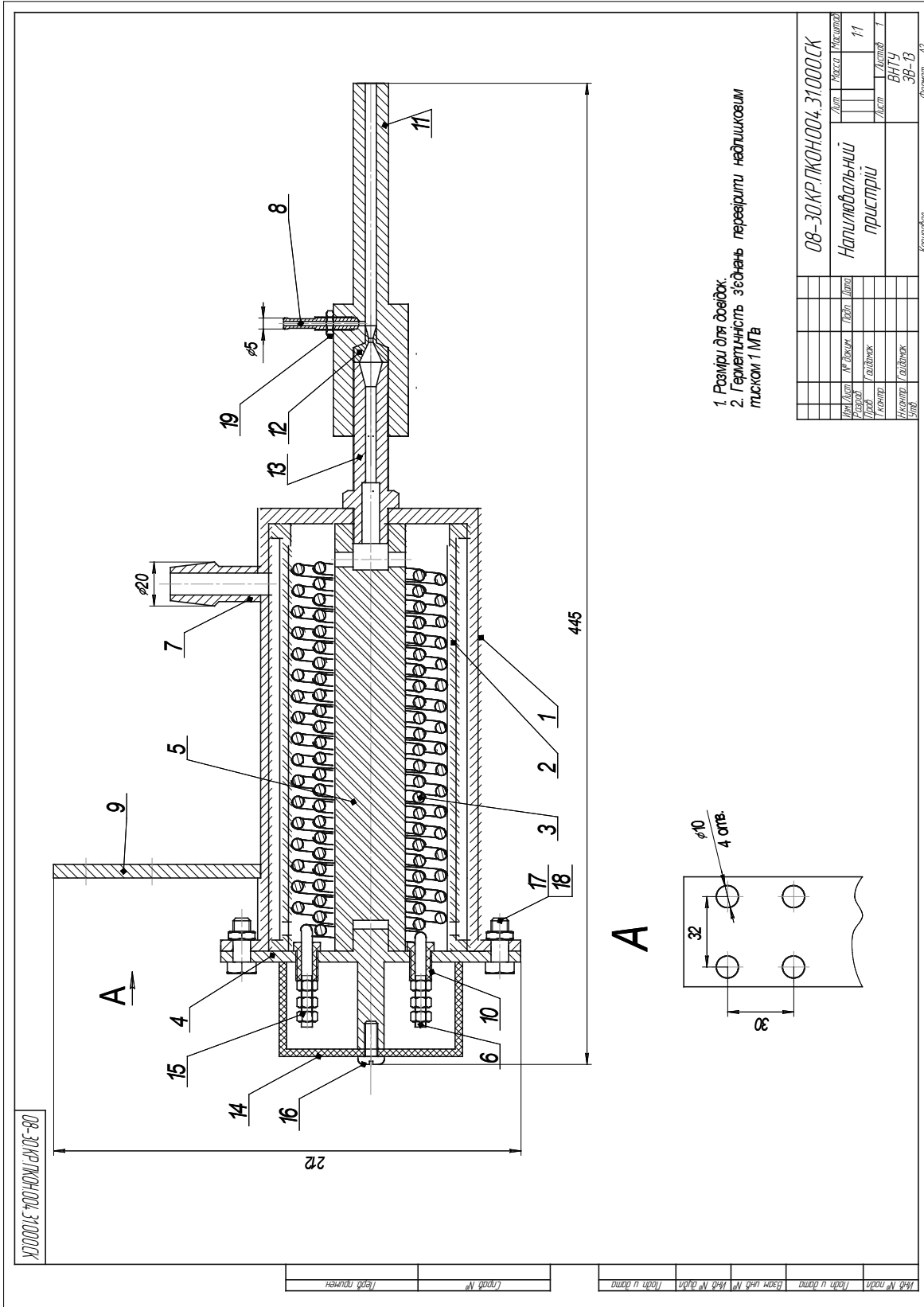


1. Допускається підгонка шліців по шестерні дет. № УЖ.4.100.00.01 при цьому шестерня рухається вільно і без заїдання складає по шлицях вала  
2. 35.40 НРС.

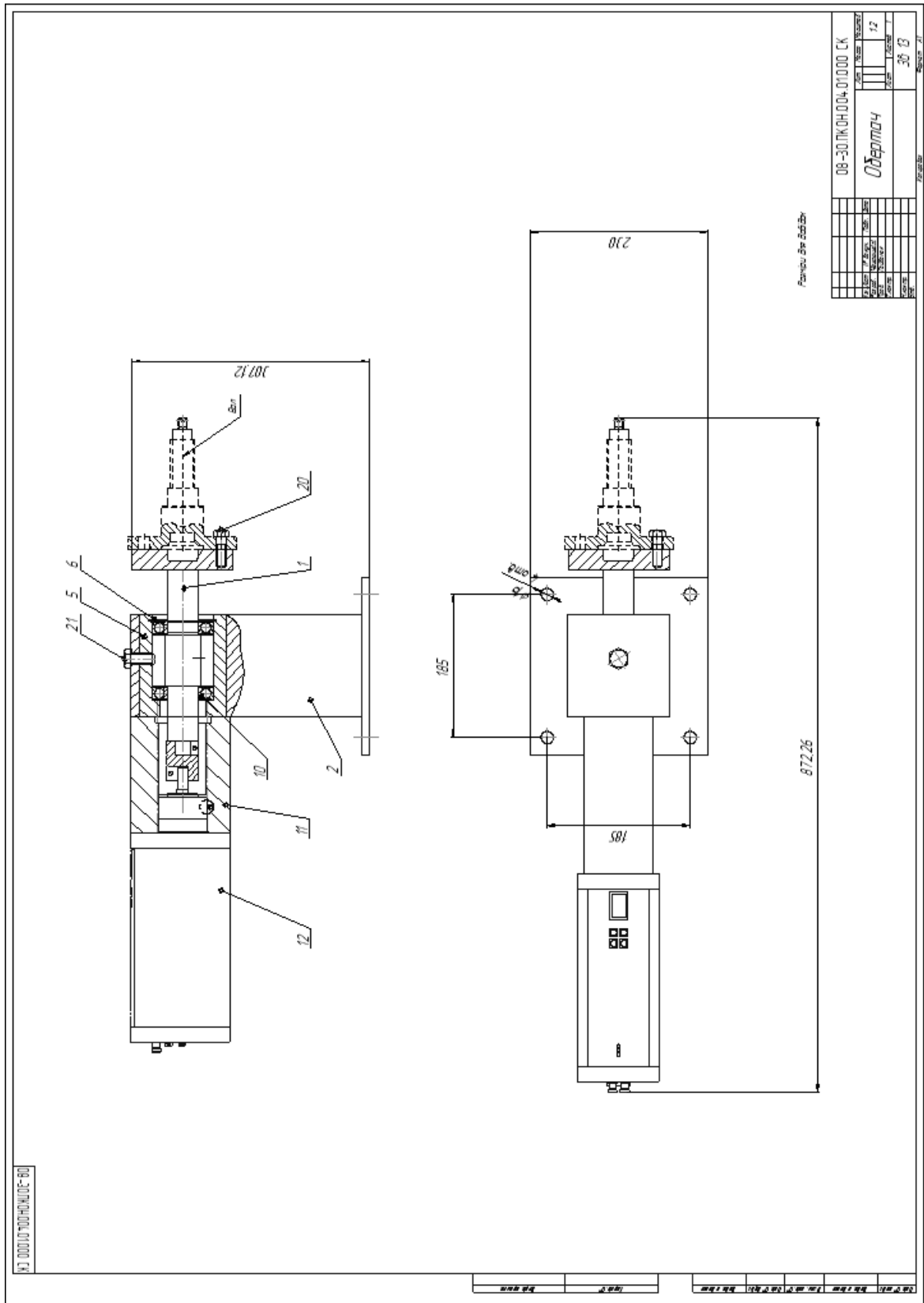
08-30.КР.ПКОН.004.00.000 Р		Лист	Масса	Масштаб
Вал з фланцем УЖЕ-41		Лист	2,84	1:2
Сталь 25ХГМ ГОСТ 4543-71		Лист		1
		Лист		ВНТУ
		Лист		3B-13

№ Деф	Найменування дефекту	Коефіцієнт побігливості дефекту		Основний спосіб усунення дефекту	Допустимий спосіб усунення дефекту
		до зазначеної кількості деталей	до ремонтних деталей		
1	Зношення поверхні різьбної поверхні М12х1,25	0,2	0,5	Напайка в середовищі проробки φ2,0 мм НН-5ХГМА	Полімерне наплення проробки φ1,4 мм 36ХГСА
2	Зношення поверхні під підшліпник φ25 мм	0,3	0,6	Напайка в середовищі захисних газів проробки φ2,0 мм НН-5ХГМА	Плазміде наплення порошком ПП-5СЧ-35
3	Зношення поверхні шліців	0,7	0,8	Напайка в середовищі захисних газів проробки φ2,0 мм НН-5ХГМА	Плазміде наплення порошком ПП-5СЧ-35
4	Зношення поверхні під підшліпник φ4,0 мм	0,3	0,2	Напайка в середовищі захисних газів проробки φ2,0 мм НН-5ХГМА	Плазміде наплення порошком ПП-5СЧ-35

# Додаток В

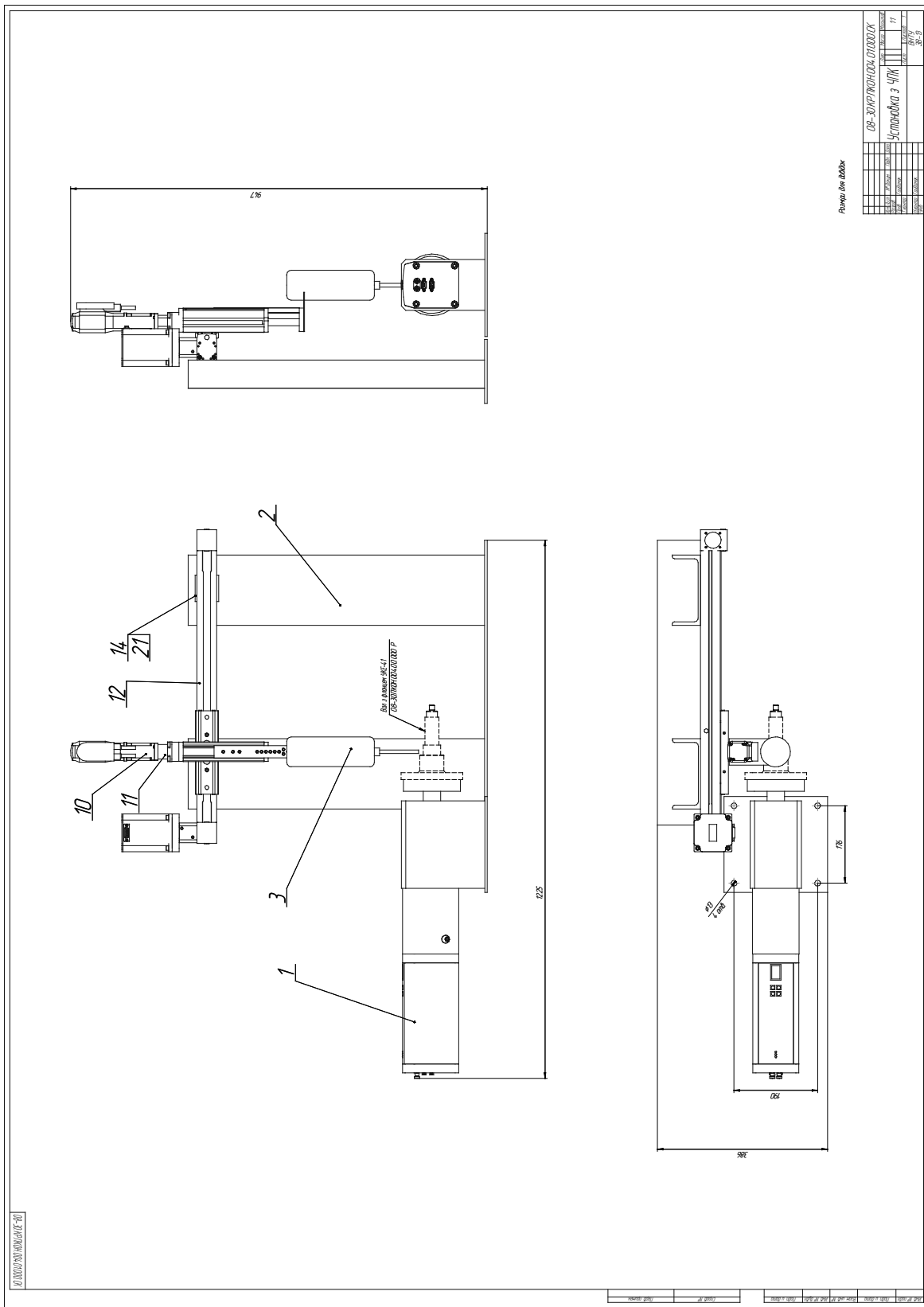


Додаток Г

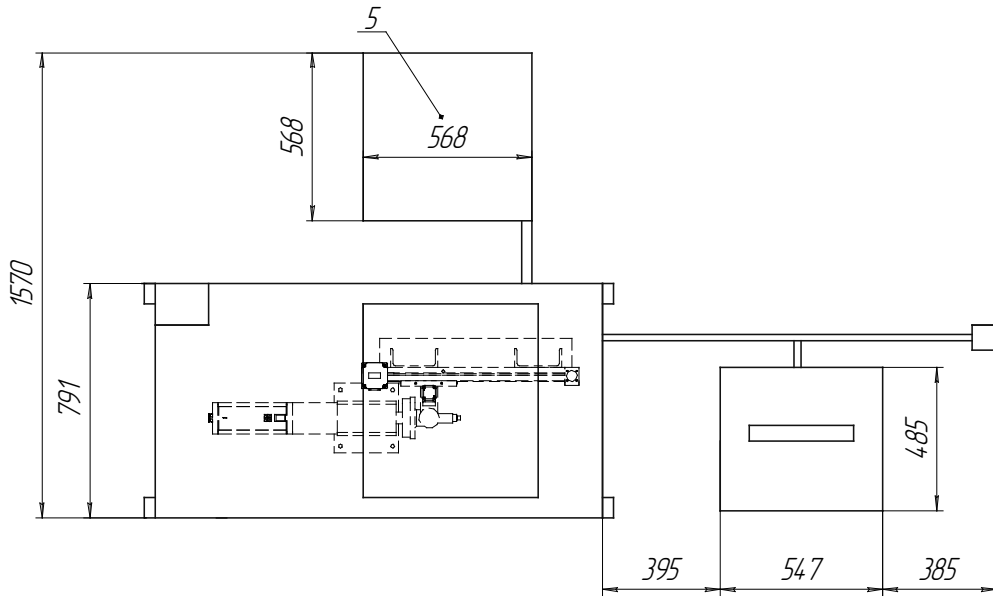
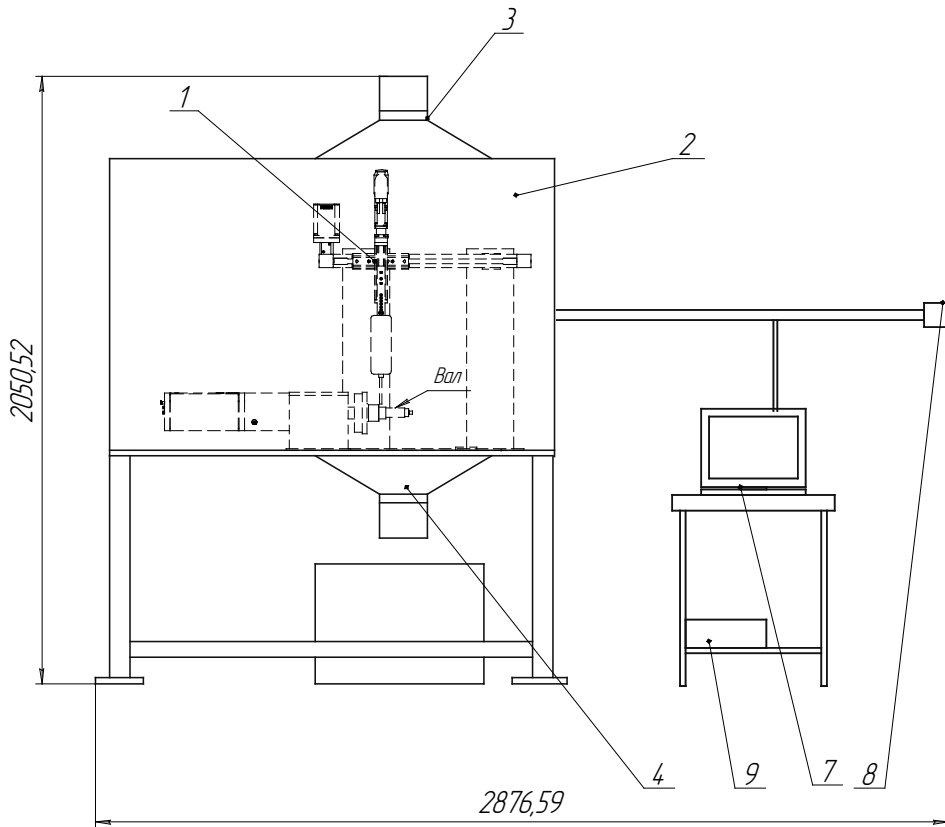




# Додаток Д



# Додаток Е



Разміри для довідок

Лист № 1	Лист № 2	Лист № 3	Лист № 4	Лист № 5	Лист № 6	Лист № 7	Лист № 8	Лист № 9	Лист № 10
----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	-----------

				08-30.КР.ПКОН.004.00.000.В3		
Лист	№ док.	Лист	Дата	Рабоче місце (вид загальний)		
Розроб	Гайданок			Лист	Маса	Масштаб
Проб	Гайданок					1:10
Контр	Гайданок			Лист	Листов	1
Нконтр	Гайданок			ВНТУ		
Зна				ЗВІЗ		
				Копіювати		
				Формат А2		

08-30.КР.ПКОН.004.00.000.В3

Додаток Ж

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание					
							№ док.	Подп.	Дата		
08-30.КР.ПКОН.004.000.000.СК	А1			<u>Документація</u>							
Справ. №	А4	1	08-30.КР.ПКОН.004.31.001	Корпус	1						
		2	08-30.КР.ПКОН.004.31.002	Втулка	1						
		3	08-30.КР.ПКОН.004.31.003	Спіраль	1						
		4	08-30.КР.ПКОН.004.31.004	Кришка	1						
		5	08-30.КР.ПКОН.004.31.005	Ізолятор	1						
		6	08-30.КР.ПКОН.004.31.006	Клема	1						
		7	08-30.КР.ПКОН.004.31.007	Ніпель повітряний	1						
		8	08-30.КР.ПКОН.004.31.008	Ніпель порошковий	1						
		9	08-30.КР.ПКОН.004.31.009	Кронштейн	1						
		10	08-30.КР.ПКОН.004.31.010	Втулка	1						
		11	08-30.КР.ПКОН.004.31.011	Ставдур	1						
		12	08-30.КР.ПКОН.004.31.012	Сопло Лаваля	4						
		13	08-30.КР.ПКОН.004.31.013	Втулка	1						
		14	08-30.КР.ПКОН.004.31.014	Кришка	1						
Взам. инв. №	А4			<u>Стандартні вироби</u>							
		15		Гайка М4-6Н ГОСТ 5916-70	6						
		16		Винт ВМ6-6dх16 ГОСТ 11644-75	1						
		17		Болт М8-8d x 20 ГОСТ 15589-70	6						
Подп. и дата	А4	18		Гайка М8 ГОСТ 15526-70	7						
<b>08-30.КР.ПКОН.004.31.000</b>											
Инв. № подл.	А4	Разраб.				Лит	Лист	Листов			
		Пров.	Гайдамак О.Л.						1	1	
		Н.контр.	Гайдамак О.Л.						ВНТУ ЗВ-13		
		Утв.									
<b>Напилювальний пристрій</b>											
Копировав <span style="float:right">Формат А4</span>											

Додаток И

Перв. примен.		Справ. №		Подп. и дата		Инв. № дубл.		Взам. инв. №		Подп. и дата		Инв. № подл.		
08-30.ТРТТ.00.00.000														
Формат	Зона	Поз	Обозначение	Наименование	Кол	Примечание								
				<u>Документация</u>										
A1			08-30.КР.ПКОН.004.11.000 СК	Складальне креслення										
				<u>Складальні одиниці</u>										
A4	1		08-30.КР.ПКОН.004.11.100	Вал	1									
A4	2		08-30.КР.ПКОН.004.11.200	Стояк	1									
				<u>Деталі</u>										
A3	5		08-30.КР.ПКОН.004.11.001	Корпус шпинделя	1									
A3	6		08-30.КР.ПКОН.004.11.002	Стопорне кільце	1									
				<u>Стандартні вироби</u>										
		10		Підшипник 80208	2									
		11		Осьовий набір ЕАММ_А_Е72_62В_3_0	1									
		12		Сервомотор MTR_DCI_62S_VDSC_EG7	1									
		20		Болт М12-6gx3585.58.016 ГОСТ 7898-70	6									
		21		Болт М8-6gx25.58.016 ГОСТ 7898-70	6									
<b>08-30.КР.ПКОН.004.11.000</b>														
Изм.		Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>Обертач</b>						Лит.	Лист	Листов
Разраб.												4	1	1
Пров.		Гайдамак												
Н.контр.		Гайдамак												
Утв.									ВНТУ ЗВ-13					
Копировав												Формат А4		

Додаток К

Перв. примен. 08-30.РП.ТТ.013.00.000		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание		
Справ. №		A1			08-30.КР.ПКОН.004.01.000 СК	Складальне креслення				
						<u>Документація</u>				
							<u>Складальні одиниці</u>			
		A4	1		08-30.КР.ПКОН.004.11.000	Обертач	1			
		A4	2		08-30.КР.ПКОН.004.21.000	Рама	1			
		A4	3		08-30.КР.ПКОН.004.31.000	Розпилювач	1			
						<u>Деталі</u>				
		A4	4		08-30.КР.ПКОН.004.01.001	Кронштейн	1			
		A4	5		08-30.КР.ПКОН.004.01.002	Планка	1			
						<u>Стандартні вироби</u>				
Підп. і дата							1			
			10			Сервомотор EMMS_AS_40_MK_LS_TS_3_0	1			
			11			Осьовий надір EAMM_A_D32_40A_3_0	1			
			12			Лінійна вісь EGSL_BS_45_100_3P_3_0	1			
			13			Опора центральна MUP_18_25_3_0	2			
			14			Лапа HP_25_3_0	1			
			20			Болт М5-6d x 35.58.016 ГОСТ 7898-70	2			
			21			Гвинт ВМ5-6dх25.14Н.016 ГОСТ1491-80	2			
			22			Вісь DGE_25_300_ZR_KF	1			
		Підп. і дата		08-30.КР.ПКОН.004.01.000						
Изм.	Лист			№ докум.	Подп.	Дата				
Разраб.										
Пров.	Гайдамак									
Исполн.										
Утв.										
Изм. № подл.										
Установка з ЧПК						Лит.	Лист	Листов		
						4	1	1		
						ВНТУ ЗВ-13				

Копировал

Формат А4



*Навчальне видання*

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
до виконання курсової роботи з дисципліни  
«Проектування комплексів обладнання для напилювання»  
для студентів спеціальності 7.05050403, 8.05050403, «Відновлення та  
підвищення зносостійкості деталей і конструкцій»

Редактор В. Дружиніна  
Коректор З. Поліщук  
Укладач Олег Леонідович Гайдамак  
Оригінал-макет підготовлено О. Гайдамаком

Підписано до друку 11.05.2017 р.  
Формат 29,7×42¼. Папір офсетний.  
Гарнітура Times New Roman  
Ум. друк. арк. 2,76  
Наклад 40 пр. Зам. № 2017-101

Видавець та виготовлювач  
Вінницький національний технічний університет  
інформаційний редакційно-видавничий центр.  
ВНТУ, ГНК, к. 114.  
Хмельницьке шосе, 95,  
м. Вінниця, 21021.  
Тел. (0432) 59-85-32, 59-87-38.  
**press.vntu.edu.ua**;  
*E-mail*: kivc.vntu@gmail.com.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.