

**ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ
«Сумський державний університет»**

Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи (проєкту)

другий (магістерський)
(освітньо-професійний рівень)

на тему Удосконалення технологічного процесу виготовлення
вала ведучого B500.49.25.05 шляхом застосування
високопродуктивних інструментів та оснастки

Виконав: студент II курсу, групи ТМ.м-11
спеціальності: _____

131 «Прикладна механіка»
(шифр і назва спеціальності)

освітньої програми: _____

«Технології машинобудування»
(назва освітньої програми)

Дмитро КАСЬЯН
(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник Павло КУШНІРОВ
(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Рецензент Михайло ДУМАНЧУК
(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Суми – 2022 року

ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ
«Сумський державний університет»

Інститут, факультет
Кафедра технічних систем та енергоефективних технологій
технології машинобудування, верстатів та
інструментів

Освітньо-науковий рівень другий (магістерський)
(назва)

Спеціальність 131 «Прикладна механіка»
(шифр і назва)

Освітня програма «Технології машинобудування»
(назва освітньої програми, за наявності)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри технології
машинобудування, верстатів та
інструментів

Віталій ІВАНОВ

« » 2022 року

ЗАВДАННЯ
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (ПРОЄКТУ) СТУДЕНТУ

Касьян Дмитро Іванович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Удосконалення технологічного процесу виготовлення
вала ведучого В500.49.25.05 шляхом застосування високопродуктивних
інструментів та оснастки

керівник проєкту Кушніров Павло Васильович, канд. техн. наук, доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від 10.11.2022 року № 1049-VI

2. Строк подання студентом роботи (проєкту) 20.12.2022 року

3. Вихідні дані до роботи (проєкту)

3.1 Робоче креслення деталі «вал ведучий В500.49.25.05».

3.2 Річний обсяг випуску деталей – 5000 шт.

3.3 Базовий технологічний процес виготовлення деталі «вал ведучий В500.49.25.05».

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

4.1 Аналіз існуючого (базового) технологічного процесу виготовлення деталі

4.2 Розроблення перспективного технологічного процесу виготовлення деталі

4.3 Наукове дослідження

4.4 Формулювання висновків та рекомендацій щодо запропонованого

технологічного процесу виготовлення деталі

4.5 Аналіз питань щодо охорони праці та безпеки у надзвичайній ситуації

5. Зміст графічної частини (перелік креслень, які потрібно розробити)

5.1 Креслення заготовки

5.2 Креслення маршрутного технологічного процесу виготовлення деталі

5.3 Креслення операційного налагодження

5.4 Креслення верстатного пристрою

5.5 Креслення контрольно-вимірювального пристрою

6. Інша конструкторська та технологічна документація

5. Консультанти розділів роботи (проєкту)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	<i>Віра ФАЛЬКО</i> , ст. викладач кафедри ЕтаПТ		

6. Дата видачі завдання « 02 » _____ 09 _____ 2022 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	<i>Аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі</i>	<i>03.10.2022</i>	
2	<i>Розроблення перспективного технологічного процесу виготовлення деталі</i>	<i>28.10.2022</i>	
3	<i>Наукове дослідження</i>	<i>07.11.2022</i>	
4	<i>Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях</i>	<i>18.11.2022</i>	
5	<i>Оформлення пояснювальної записки</i>	<i>23.11.2022</i>	
	<i>Оформлення комплекту технологічної документації</i>	<i>08.12.2022</i>	
	<i>Оформлення креслень та презентації</i>	<i>14.12.2022</i>	

Студент

(підпис)

Дмитро КАСЬЯН

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи (проєкту)

(підпис)

Павло КУШНІРОВ

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет

Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ *Віталій ІВАНОВ*

« ____ » _____ 2022 р.

**Удосконалення технологічного процесу виготовлення
вала ведучого B500.49.25.05 шляхом застосування
високопродуктивних інструментів та оснастки**

Кваліфікаційна робота (проект) магістра

Спеціальність – 131 «Прикладна механіка»

Освітня програма – «Технології машинобудування»

Студент

Дмитро КАСЬЯН

Керівник

Павло КУШНІРОВ

Консультант з розділу охорони праці
та безпеки в надзвичайних ситуаціях

Віра ФАЛЬКО

Нормоконтроль

Олександр ІВЧЕНКО

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка виконана на 88 с., 13 рис., 19 табл., 12 додатків, 43 літературних джерел.

Сучасне машинобудування характеризується широким асортиментом продукції та мінливістю обсягів виробництва, тому собівартість виготовлення продукції має бути максимально знижена, щоб залишатися конкурентоспроможною. Оскільки впровадження пристроїв управління у виробничі процеси має бути обґрунтовано критеріями досягнення необхідної точності та швидкодії управління, розробка та чисельне моделювання конструкцій пристроїв управління є практичним науково-практичним завданням.

Метою дослідження удосконалення технологічного процесу виготовлення вала ведучого В500.49.25.05 шляхом застосування високопродуктивних інструментів та оснастки

Об'єкт дослідження – Пакеторобні машини серії «НМ-800GPC/НМ-800GPW»

Предмет дослідження – вала ведучого В500.49.25.05

Методи дослідження. Роботи виконуються із застосуванням новітніх положень технології машинобудування та проектування передових техпроцесів з використанням верстатів з ЧПУ, ріжучого інструменту зі змінними пластинами, що не переточуються, і сучасного технічного обладнання. Для реалізації завдань графічної частини кваліфікаційної роботи використовувалося програмне середовище Autodesk Inventor, а для дослідження конструкції пристрою керування використовувався пакет ANSYS.

Наукова новизна: розроблена та спроектована фреза торцева для деталі вала ведучого В500.49.25.05

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ВАЛ, ОПТИМІЗАЦІЯ, ФРЕЗА, РЕЖИМ РІЗАННЯ

ABSTRACT

The explanatory note consists of 88 pages, 13 figures, 19 tables, 12 appendices, 43 literary sources.

Modern mechanical engineering is characterized by a wide range of products and variability of production volumes, so the cost of production must be reduced as much as possible in order to remain competitive. Since the introduction of control devices into production processes must be justified by the criteria for achieving the necessary accuracy and speed of control, the development and numerical modeling of control device structures is a practical scientific and practical task.

The purpose of the research is to improve the manufacturing process of the drive shaft B500.49.25.05 by using high-performance tools and equipment

The object of the research is "HM-800GPC/HM-800GPW" series package-making machines

The subject of the study is the drive shaft B500.49.25.05
Research methods. The works are performed using the latest provisions of mechanical engineering technology and the design of advanced technical processes using CNC machines, cutting tools with replaceable, non-resharpening plates, and modern technical equipment. The Autodesk Inventor software environment was used to implement the tasks of the graphic part of the qualification work, and the ANSYS package was used to study the design of the control device.

Scientific novelty: developed and designed end mill for the part of the driving shaft B500.49.25.05

TECHNOLOGICAL PROCESS, SHAFT, OPTIMIZATION, MILLER, CUTTING MODE

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ	7
1.1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі. Опис їх конструктивних	7
1.2 Аналіз технічних умов та вимог до конструкції деталі. Визначення технологічних завдань щодо її виготовлення.....	15
1.3 Характеристика типу та організаційної форми виробництва.....	18
1.4 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	22
1.5 Аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення деталі.....	24
1.6 Висновок та завдання для удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі.....	28
2 УДОСКОНАЛЕННЯ ІСНУЮЧОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ.....	31
2.1 Складання варіантів технологічних маршрутів та вибір оптимального.....	31
2.2 Вибір та обґрунтування способу виготовлення вихідної заготовки	33
2.3 Розрахунок припусків на механічну обробку.....	39
2.4 Призначення та обґрунтування схем базування та закріплення заготовки.....	42
2.5 Обґрунтування вибору металорізальних верстатів.....	45
2.6 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів.....	48
2.7 Визначення режимів та технічне нормування опір.....	49
2.8 Проектування засобів технологічності.....	52
2.9 Проектування контрольно-вимірювального пристрою.....	69

3	НАУКОВЕ ДОСЛІДЖЕННЯ. ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТОРЦЕВИХ ФРЕЗ З ЦИЛІНДРИЧНИМИ РІЗАЛЬНИМИ.....	
	ВСТАВКАМИ	83
	ВИСНОВКИ	92
	ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ	93
	Додаток А ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	94
	Додаток Б Робоче креслення деталі «Вал ведучий В500.49.25.05»	104
	Додаток В Результати визначення типу виробництва	105
	Додаток Г Результати розрахунку припусків	106
	Додаток Д Специфікація на верстатний пристрій	107
	Додаток Е Специфікація на КВП	109
	Додаток Ж Креслення заготовки	110
	Додаток К Креслення маршруту обробки	111
	Додаток Л Креслення операційного налагодження	112
	Додаток М Складальне креслення верстатного пристрою	113
	Додаток Н Складальне креслення контрольно-вимірювального пристрою	114
	Додаток П Матеріали публікації тез конференції	115
	Додаток Р Матеріали публікації статті-доповіді на конференції	117

ВСТУП

Сучасне машинобудування характеризується великою різноманітністю продукції та змінною продуктивністю, тому витрати на виробництво продукції повинні бути якомога нижчими, щоб залишатися конкурентоспроможними. Оскільки впровадження пристроїв керування у виробничі процеси має бути обґрунтовано досягненням необхідних критеріїв точності та швидкодії керування, розробка та чисельне моделювання структур пристроїв керування є практичною науково-практичною задачею.

Актуальність проблеми.

Сучасна українська промисловість виготовляє велику кількість поліетиленових пакетів для реалізації за кордоном та на державному ринку. Виробництво упаковки відбувається у великих обсягах (мільйонів на рік), що характеризує масове виробництво та випуск цього продукту. Тому дослідження, що розглядаються в цій роботі за освітньо-кваліфікаційним рівнем магістра, є досить актуальними.

Зв'язок магістерської роботи з науковою програмою, темою, планами.

Тема магістерської роботи пов'язана з одним із наукових напрямів досліджень кафедри «Технологія машинобудування, верстати та інструменти» СумДУ: НДР «Інтенсифікація виробничих процесів та розробка інтелектуальних систем контролю якості продукції в інтелектуальному виробництві» (ДР № 0122U200875, Міністерство освіти і науки України).

Об'єкт дослідження - технологічний процес виготовлення «Вала ведучого В500.49.25.05».

Предмет дослідження - деталь «Вал ведучий В500.49.25.05».

Мета дослідження – удосконалення технологічного процесу виготовлення вала ведучого В500.49.25.05 шляхом застосування високопродуктивних інструментів та оснастки.

Завдання досліджень:

- аналіз існуючих технологічних процесів виготовлення валів ведучих та виявлення оптимального варіанта удосконаленого технологічного процесу виготовлення «Вала ведучого В500.49.25.05»;
- обґрунтування шляхів підвищення ефективності технологічного процесу, що розробляється;
- розробка конструкції нового верстатного пристрою, що забезпечить високу продуктивність і якість оброблення «Вала ведучого В500.49.25.05»;
- розробка конструкції нового контрольно-вимірювального пристрою, що забезпечить точний та продуктивний контроль параметрів «Вала ведучого В500.49.25.05».

Методи дослідження:

- комп'ютерне моделювання, використання спеціальних комп'ютерних програм;
- якісний та кількісний аналіз даних та результатів, що було отримано при дослідженнях;
- синтез конструкцій технологічної оснастки та вдосконаленого технологічного процесу виготовлення деталі на базі здійсненого теоретичного аналізу.

Наукова новизна досліджень:

- визначено, що підвищення ефективності технологічного процесу виготовлення деталі «Вала ведучого В500.49.25.05» може бути реалізовано розробкою спеціального верстатного пристрою та розробкою спеціального контрольно-вимірювального пристрою, використанням високопродуктивних інструментів;
- визначено, що наявність конструктивної можливості входження сферичної ділянки гвинта у відповідний сферичний радіальний отвір вставки під час закріплення різальної вставки дозволяє підвищити надійність закріплення різальної вставки в корпусі торцевої збірної фрези; це є запобіжним заходом для

захисту працюючого персоналу від випадкового розкріплення вставки в процесі фрезерування.

Практичне значення отриманих результатів досліджень. Отримані результати досліджень рекомендовано до використання на машинобудівних підприємствах країни.

Власний внесок здобувача у проведені дослідження. Результати досліджень отримані здобувачем спільно з його науковим керівником.

Апробація результатів дослідження: Матеріали магістерської роботи апробовані на конференціях:

- 28-й міжнародній науково-практичній конференції (23-25 листопада 2022 р.) «Технології XXI століття» у Сумському національному аграрному університеті (СНАУ, м. Суми);

- International scientific integration '2021 (October, 2021): Sworld-Us conference (Seattle, Washington, USA).

Публікації: тези конференції [42] (див. Додаток П) та стаття-доповідь у матеріалах наукових конференцій [43] (див. Додаток Р):

- Допоміжні опори верстатних пристроїв / Б.С. Басов, Д.І. Касьян, П.В. Кушніров // Технології XXI сторіччя: Збірник тез за матеріалами 28-ої міжнародної науково-практичної конференції (23-25 листопада 2022 р.). Ч.1. – Суми: СНАУ, 2022.– С. 21.

- Analysis of Designs of Face Milling Cutters Containing Cylindrical Cutting Inserts (Аналіз конструкцій торцевих фрез, що містять циліндричні ріжучі вставки) / P.V. Kushnirov, B.A. Stupin, B.A. Ostapenko, D.I. Kasian // International scientific integration '2021 (October, 2021): Sworld-Us conference proceedings. – Seattle, Washington, USA: «ISE&E» & SWorld in conjunction with KindleDP, 2021. No 8 on October 19.– pp. 6-9. DOI: 10.30888/2709-2267.2021-8

Структура магістерської роботи: вступ, 3 розділи, перелік джерел посилань з 43 найменувань, 12 додатків. Обсяг 88 сторінок.

1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

1.1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі. Опис конструктивних особливостей деталі та умов її експлуатації



Рисунок 1.1 – Пакеторобна машина

Пакеторобні машини серії «НМ-800GPC/НМ-800GPW»

Серія GP пакеторобних машин призначена для виготовлення пакетів з прорубними ручками, посиленими ПЕ. Особливістю даної серії є посилення ручок ПЕ не термопривариванням, а за допомогою клею, що робить пакет більш привабливими. Серія представлена двома моделями: стандартної - НМ-800GPC і НМ-800GPW з більш високою продуктивністю завдяки застосуванню вікет-конверної системи, керованої разом з пристроєм протягування матеріалу додатковими серводвигунами.

Машина складається з таких вузлів:

1. Система управління і діагностики машини з сенсорної панеллю на російській мові.

2. Гідравлічний размотчик з підйомом роля з підлоги, автоматичним контролем натягу за допомогою електродвигуна з інвертором, з пристроєм контролю і підстроювання положення розгортаного роля по кромці краю (EPC) та пристроєм складання (трикутник) зверху.

Конструкція размотчика дозволяє працювати з полотном плівки шириною до 1600 мм в діаметрі до 1000 мм.

3. Вузол наклеювання армуючої плівки керується двома серводвигунами. Армуюча плівка подається від пневматичного валу, за допомогою електродвигуна з інвертором, через пристрій (EPC) контролю за положенням матеріалу по краю кромки. Армуюча плівка склеюється після розрізання навпіл уздовж, склеювання та пропускання через ріжучий роторний вузол. При цьому основний матеріал пакета спочатку проходить через вузол у верхній частині пакета, потім проходить через зворотний вузол у верхній частині пакета після приклеювання ребра жорсткості.

4. Плоско-висікальне пристрій «гарячого типу» для формування вирубний ручки для виготовлення пакетів з переробній ручками

5. Влаштування бічних термозварювання пакетів поворотного типу з ножом з високовуглецевої сталі і з системою його водяного охолодження

6. GPW: Вакуумний укладальник пакетів карусельного типу з вікет-конвеєром, керованим сервомотором (пакети укладаються в пачку на штирі)

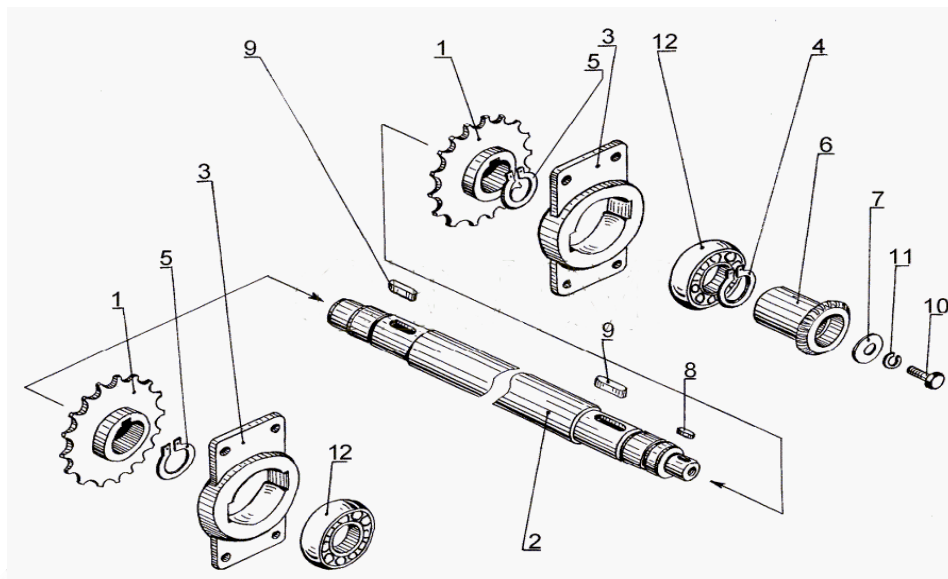


Рисунок 1.1 – Склад вузла машини

- 1- зірочка;
- 2 - вал;
- 3 - корпус підшипник;
- 4 - кільце;
- 5 - кільцо;
- 6 - полумуфта;
- 7 - шайба;
- 8 - шпонка;
- 9 - шпонка;
- 10 - болт;
- 11 - шайба;
- 12 - підшипник;

Машина встановлена в приміщенні цеху № 03 АТ «Технологія» (м. Суми) за всіма вимогами техніки пожежної та санітарної безпеки. Дана машина обслуговується оператором 4-ої категорії у функцію якого входить налагодження її в період зупинки щодо виконання регламентних та ремонтних робіт.



Рисунок 1.2 – Пакет з прорубними ручками
Службове призначення деталі «Вал В500.49.25.05».

Однією із основних деталей, що застосовується в конструкції машини моделі «НМ-800GPC/НМ-800GPW», є «Вал В500.49.25.05». Основне службове призначення вала – передавати крутний момент на приєднані деталі, які розташовуються на шийках із шпонковими пазами.

Характеристика деталі.

Деталь являє собою тіло обертання з відношенням $=3$

Деталь має такі габаритні розміри $l=500$ $d=49$.

Маса деталі 3,4кг.

Сталь 40Х ГОСТ 4543-71

Деталь за класифікацією [2] відноситься до класу валів що встановлюється у корпус машин двома поверхнями діаметром $35h6$. Діаметри цих поверхонь мають високу точність розмірів (6-й квалітет точності) і точність їх взаємного розташування (в межах 0,02 мм) та призначені для встановлення на їх підшипників кочення. Схема базування і закріплення вала наведена на рисунку 1.2.

Робочими площинами (ВП) є площини 28, 29 та 30. За наведеною вище класифікацією (див. ГОСТ 21495-76 [3]) вал або 26 з двома гранями 9 і 18 і одним торцем 1 діаметром $35h6$ визначає його положення в складальній одиниці машини. Всі перераховані вище поверхні виконують функцію основної розрахункової бази (ОДБ) і позбавляють 5 ступенів свободи в обраній системі координат (OXYZ). Грані 1 і 9 позбавляють частину 4-х ступенів свободи в напрямку осей OX і OY (по 2 повороти III і II і по 2 рухи V і VI, подвійна напрямна основа). У напрямку осі OZ вал позбавлений одного ступеня свободи (переклад I, опорна основа). Цю функцію можуть виконувати два торці 1 або 26. Напрямок обертання деталі по осі OZ (IV обертання) не позбавлений ступенів волі, оскільки цей рух не впливає на роботу машини. За класифікацією [3] даний базис є очевидним. Ступінь відповідності схеми з'єднання та переміщення показано в таблицях 1.1 та 1.2.

Таблиця 1.1 – Таблиця відповідності

Зв'язок	Ступінь свободи	Найменування бази
1, 2, 3, 4	II, III, V, VI	Подвійна напрямна база (ПНБ), явна
5	I	Опорна база (ОБ), явна
6	IV	ОБ (Вакансія)

Таблиця 1.2 – Матриця зв'язків

X, Y, Z / l, α	X	Y	Z	Найменування бази
1	1	1	0	ПНБ
α	1	1	0	
1	0	0	1	ОБ
α	0	0	0	
1	0	0	0	–
α	0	0	0	
Всього	2	2	1	5 зв'язків

Таким чином, установлений вал в підшипниках кочення водночас базується і закріплюється в з'єднанні «вал – підшипники». Наведена схема базування визначає якість роботи машини та її довговічність.

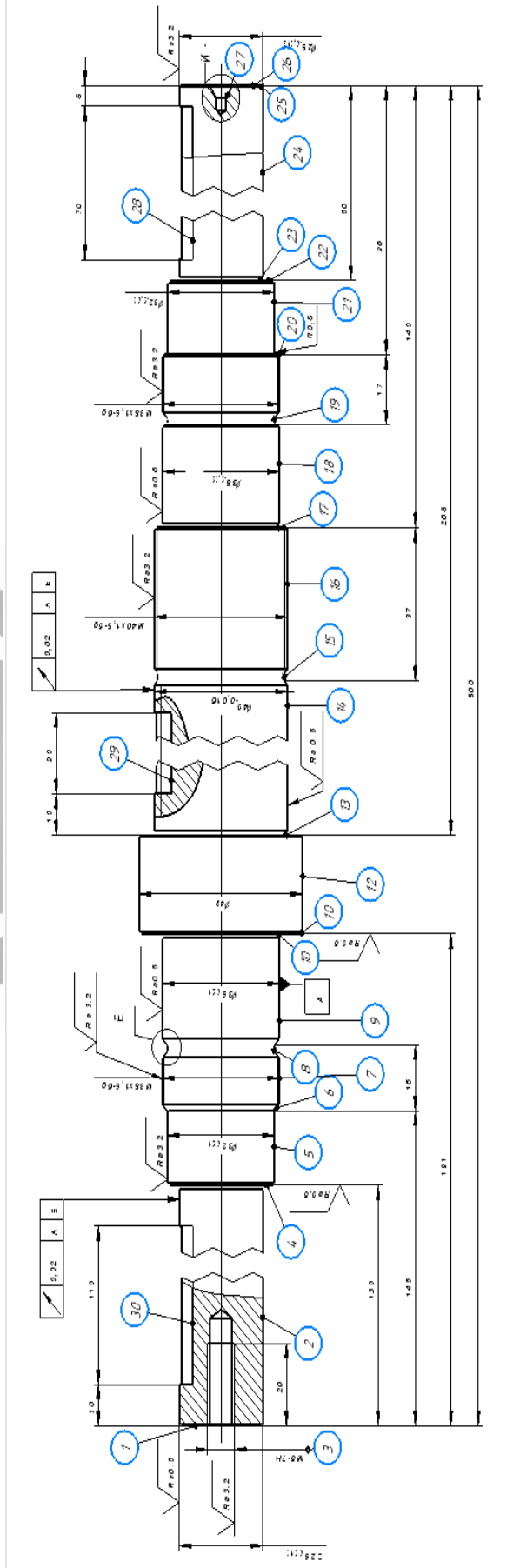
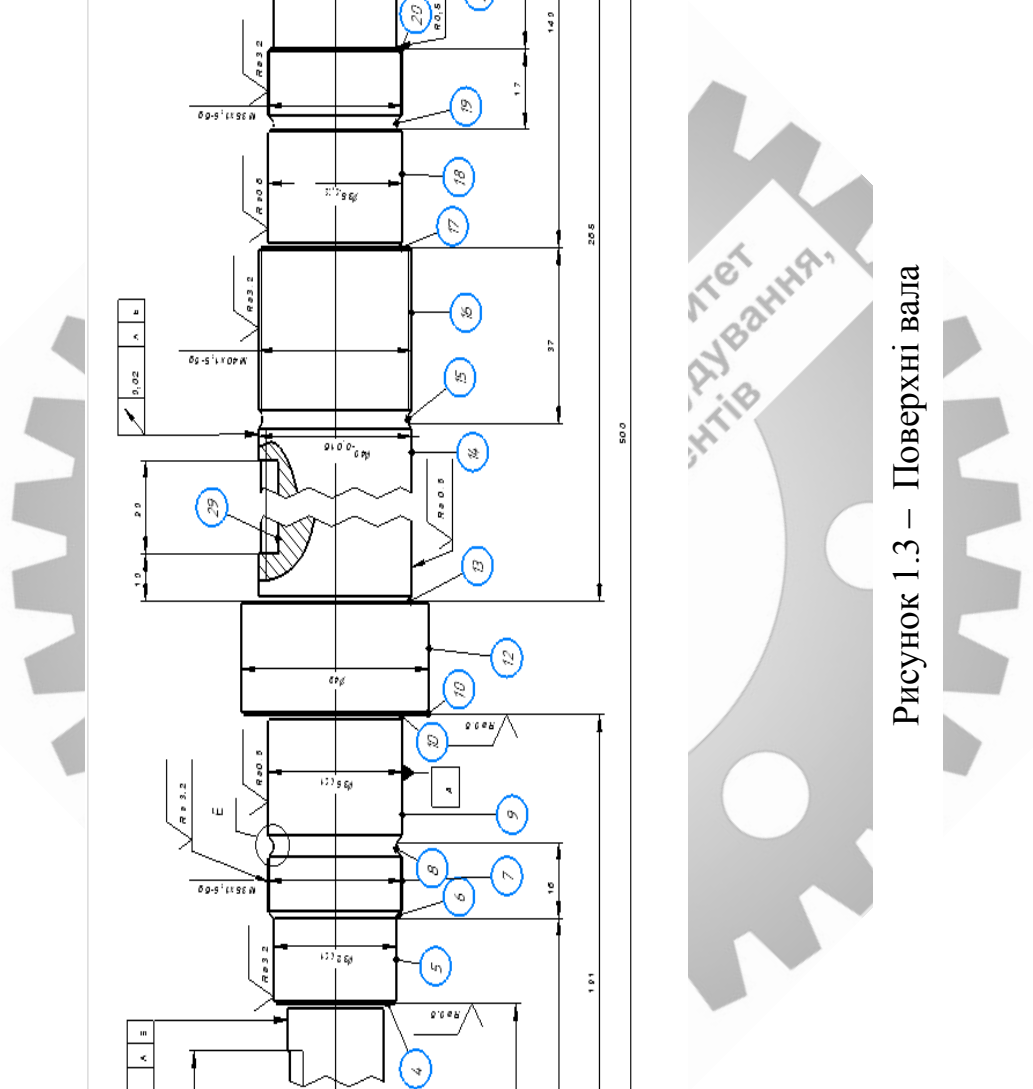


Рисунок 1.3 – Поверхні вала



Основна конструкторська база є поверхні 1, 9 і 26. Завдяки цим поверхням деталей позбавляється ступеній вільності ті базується в зборці. Схема зв'язків та ступень відповідності переміщенням наведені в таблицях 1.1 та 1.2

Поверхні 5, 8, 7, 10, 11, 12, 13, 16, 17, 19 є допоміжними конструкторськими базами (ДКБ). Наведені поверхні пластини визначають положення приєднаних до них деталей. Точність їх розташування в конструкції пластини визначає потрібний режим роботи машини та збільшує строк служби виробу.

Інші поверхні 6, 8, 10, 20, незазначені фаски, деякі елементи конструкції галтелей, центрових отворів, шпонкових пазів, є поверхнями вільними. Ці поверхні не приймають участі при виготовленні деталей на стадії механічної обробки та при роботі деталі в машині. Наведені поверхні потрібні для визначення контуру деталі і виходу (перебігу) інструменту при обробки на окремих операціях технологічного процесу, усунення не бажаних задирок в місцях з'єднання циліндричних та торцевих поверхонь, базування деталі на токарних і шліфувальних операціях.

Таким чином, для визначення функціонального призначення поверхонь дозволить призначити потрібні технічні вимоги їх виготовлення, а на стадії механічної обробки запропонувати раціональні методи і способи обробки деталей.

Таблиця 1.3 – Таблиця відповідності

Зв'язок	Ступені вільності	Найменування бази
1, 2, 3, 4	II, III, V, VI	Подвійна напрямна база (ПНБ). явна
5	I	Опорна база (ОБ), явна
6	IV	ОБ (Вакансія)

Таблиця 1.2 – Матриця зв'язків

X, Y, Z / l, α	X	Y	Z	Найменування бази
1	1	1	0	ПНБ
α	1	1	0	
1	0	0	1	ОБ
α	0	0	0	
1	0	0	0	–
α	0	0	0	
Всього	2	2	1	5 зв'язків

1.2 Аналіз технічних умов та вимог до конструкції деталі. Визначення технологічних завдань щодо її виготовлення

Виходячи із умов експлуатації пластини у виробі, конструктор призначив матеріалом сталь 40Х ГОСТ 4543-71 (див. табл. 1.4) [3].

Деталь являє собою тіло обертання з відношенням $\frac{l_{\max}}{d_{\max}} \approx 10$

Деталь має такі габаритні розміри $l=500\text{мм}$ $d=49\text{мм}$

Маса деталі становить 3,4 кг.

Матеріал: сталь 40Х ГОСТ 4543-71 (сталь конструкційна легована)

Призначення стали 40Х - осі, вали, вал-шестерні, плунжери, штоки, колінчаті і кулачкові вали, кільця, шпинделі, оправки, рейки, губчасті вінці, болти, півосі, втулки та інші покращувані деталі підвищеної міцності.

Таблиця 1.4 – Хімічний склад сталі 40Х ГОСТ 4543-71, в процентах

C	Si	Mn	Cr	Ni	P	Mo	Cu	S	Fe
				Не більше					
0,90- 1,05	0,1– 0,4	0,8– 1,1	0,9- 1,2	0,35				0,03	~94

Основні механічні властивості сталі 40Х:

Механічні властивості сталі 40Х ГОСТ 4543-71

Твердість матеріала: $HV_{10}^{-1} = 217$ Мпа.

Термообробка: відкупск 500 °С.

Температура ковки °С початоа 860, кінця 500.

Температура критичних точок: $A_{c1}=743$, $A_{c3}(A_{cm})=815$ $A_{r1}=693$.

Оброблюваність різанням в закаленному і відпущеному стані: при HV_{10}^{-1} 168 і $\sigma_B = 610$ Мпа, $K_{v_{тв. спл}} = 0,20$, $K_{v_{б.ст}} = 0,95$.

Зварюваність матеріалу: обмежено зварювана.

Схильність до відпускнуї крихкості: схильна

Методи одержання заготовок

Заготовку з сталі 40Х виготовляють такими методами: прокат,штамповка,ковка. Основним методом для цієї деталі являється отримання заготовки методом штамповки - це спосіб отримання заготовки або готових виробів під тиском за допомогою штампів (металевих форм), обриси яких відповідають конфігурації виробів, що виготовляються, цей метод допомагає отримати заготовку з мінімальною кількістю металу для обробки.

Простановка розмірів

Аналіз проставлення лінійних розмірів деталі визначив, що конструктор на кресленні проставив лінійні розміри за трьома методами: ланцюговим, координатним, змішаним (дивись креслення GP-0001.00.092). Наприклад, розміри 130 мм, 148 мм, 191 мм, 500 мм, проставлені координатним методом від однієї торцевої поверхні (діаметр 25h6). Розміри 148 мм, 16 мм і 140 мм, 37 мм проставлені ланцюговим методом. Розміри 17 мм, 16 мм, 37 мм проставлені змішаним методом.

Допуски форми й взаємного розташування :

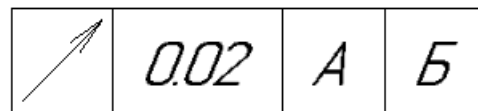


Рисунок 2.1 - Допуск радіального биття $\varnothing 25$ відносно бази А $\varnothing 35$ і бази Б $\varnothing 35$ дорівнює 0,02 мм.

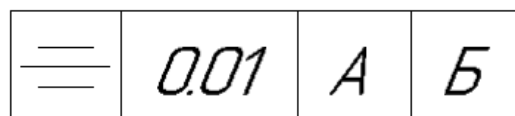


Рисунок 2.2 - Допуск симетричності бокових поверхонь пазів Ra 1,6 відносно бази А $\varnothing 35$ і бази Б $\varnothing 35$ дорівнює 0,01 мм.

1.3 Характеристика типу та організаційної форми виробництва

Тип виробництва визначається за коефіцієнтом закріплення операцій $K_{зо}$ [5]. Вихідними даними для розрахунку цього коефіцієнта є існуючий технологічний процес виготовлення валу і норми штучно-калькуляційного часу $T_{ш-к}$ за всіма операціями. Вихідні та розраховані дані наведені в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Розрахунок коефіцієнта закріплення операцій

Номер операції	Найменування операції	$T_{ш-к}$, хв	m_p	P	$\eta_{з.ср.}$	O
015	Фрезерно-центрувальна	9,1	0,0217	1	0,0217	36,86
030	Токарна з ЧПК	8,85	0,0330	1	0,0330	24,24
040	Токарна з ЧПК	10,7	0,0486	1	0,0486	16,46
050	Вертикально-фрезерна	11,8	0,0424	1	0,0424	18,87
065	Горизонтально-розточувальна	3,1	0,0744	1	0,0744	10,75
075	Кругло шліфувальна	16,8	0,0972	1	0,0972	8,23
090	Токарно-гвинторізна	4,2	0,0858	1	0,0858	9,32
Всього		64,55	–	7	–	124,73

Визначення типу виробництва.

Кількість верстатів по операціям визначається за формулою :

$$m_p = \frac{N \cdot T_{ш-к}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{з.н.ср.}},$$

де $N = 5000$ шт – річна програма виготовлення виробів;

$F_d = 4029$ год – дійсний річний фонд часу роботи обладнання;

$\eta_{з.н.ср.} = 0,8$ – середнє значення нормованого коефіцієнта завантаження обладнання (на цьому етапі тип виробництва ще не визначений).

Приймаємо цілу кількість робочих місць P та округляємо їх до найближчого цілого значення m_p .

Фактичний коефіцієнт завантаження робочого місця

$$\eta_{з.ф.} = \frac{m_p}{P}.$$

Кількість операцій, що виконуються на робочому місці

$$O = \frac{\eta_{з.н.ср.}}{\eta_{з.ф.}}.$$

Результати розрахунків наведені в таблиці 1.5, де визначені сумарні показники $T_{ш-к}$; P ; O .

Коефіцієнт закріплення операцій визначається за формулою:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{124,73}{7} = 17,8.$$

Згідно ГОСТ 14.004–83, якщо $10 < K_{з.о.} = 17,8 \leq 20$, то це відповідає середньосерійному виробництву [5].

Визначення форми організації виробництва.

Такт виробництва τ (в хвиликах) визначається за формулою:

$$\tau = \frac{60 \cdot F_d}{N} = \frac{60 \cdot 4029}{5000} \cong 48,3 \text{ хв},$$

де $F_d = 4029$ год – дійсний фонд часу за плановий період.

Випуск N_d деталей за добу:

$$N_d = \frac{N}{254} = \frac{5000}{254} \approx 20 \text{ шт},$$

де 254 – кількість робочих днів за рік.

Продуктивність Q потокової стрічки за сутки при її завантаженні на 60%:

$$Q = \frac{F_{\text{сут}} \cdot 0,6}{T_{\text{ср}}} = \frac{952 \cdot 0,6}{5,57} = 102,55 \text{ шт,}$$

де $F_{\text{сут}}$ – фонд часу роботи обладнання у дві зміни.

$$F_{\text{сут}} = \frac{F_{\text{д}} \cdot 60}{254} = \frac{4029 \cdot 60}{254} = 952 \text{ хв,}$$

де $T_{\text{ср}} = \frac{\sum T_{\text{ш-к}}}{n_p} = \frac{65,55}{5} = 12,91 \text{ хв}$ – середня трудомісткість основних механічних операцій;

$n_p = 7$ – кількість основних механічних операцій технологічного процесу.

Якщо $N_{\text{д}} = 78 \text{ шт} < Q = 102 \text{ шт}$, то застосування одно номенклатурної стрічки є недоцільним, тому приймаємо групову форму організації виробництва. Вироби запускаються у виробництво з визначеною періодичністю, що є ознакою серійного виробництва.

Кількість деталей в партії для одночасного запуску можна визначити:

$$N_{\text{п}} = \frac{N_{\text{д}} \cdot a}{254} = \frac{5000 \cdot 12}{254} = 236 \text{ шт,}$$

де $a = 12$ днів – періодичність запуску деталей у виробництво.

Розмір партії корегуємо за рахунок кількості змін C на обробку всієї партії:

$$C = \frac{T_{\text{ср}} \cdot N_{\text{п}}}{F_{\text{см}} \cdot \eta_{\text{з.н.}}} = \frac{12,91 \cdot 236}{476 \cdot 0,8} = 20,48$$

де $F_{\text{см}} = \frac{F_{\text{сут}}}{m} = \frac{952}{2} = 476 \text{ хв}$ – фонд часу роботи обладнання за одну зміну;

$m = 2$ – кількість змін;

$\eta_{\text{з.н.}} = 0,8$ – нормований коефіцієнт завантаження верстатів у серійному виробництві.

Кількість змін округляємо до найближчого значення $C_{\text{п}} = 20$. Тоді кількість деталей в партії :

$$N_{\text{п}} = \frac{F_{\text{см}} \cdot C_{\text{п}} \cdot \eta_{\text{з.н.}}}{T_{\text{ср}}} = \frac{476 \cdot 20 \cdot 0,8}{12,91} = 589,9 \text{ шт.}$$

$N=590$ шт.

У середньосерійному виробництві основною формою організації виробництва згідно ГОСТ 14.004–83 [5] є групова форма. Робочі місця на підприємствах в певній мірі спеціалізовані – закріплені за кожним із декількох операцій для виготовлення деталей, обробка яких ведеться по партіям.

Використовується універсальне, частково спеціалізоване і спеціальне обладнання. Часто застосовуються верстати з ЧПК, оброблювальні центри, гнучкі автоматизовані системи на основі верстатів з ЧПК, пов'язаних транспортуючими пристроями, керованими від ЕОМ. Устаткування розташовано за технологічними групами із урахуванням напрямку основних вантажних потоків цеху. Застосовується універсально-збірне і періодично налагоджувальне технологічне оснащення. Основний типаж різального інструменту – універсальний і спеціальний. Вимірювальний інструмент – калібри, спеціальний вимірювальний інструмент.

Вихідними заготовками застосовують гарячий та холодний прокат і лиття в земляні форми, лиття під тиском, точне лиття, поковки і точні штамповки.

Технологічна документація та нормування докладно розробляється для найбільш складних і відповідальних заготовок і спрощеного нормування для простих заготовок. Одночасно має місце застосування укрупненої документації.

У середньосерійному виробництві технологічний процес переважно диференційований, тобто розчленований на окремі операції, які закріплені за окремими визначеними верстатами. Середня кваліфікація основних робочих

вище, ніж у масовому виробництві, але нижче, ніж в одиничному виробництві. Розряди робочих знаходяться в межах 3–5 розрядів.

Середньосерійне виробництво значно мірою економніше, ніж одиничне виробництво, тому що краще використовується технологічне устаткування, спеціалізація робочих місць. Все це збільшує продуктивність праці і зменшує собівартість виготовленої продукції.

1.4 Аналіз технологічності конструкції деталі

Форма поверхонь деталі не має складних рельєфів і не передбачає труднощів при виготовленні заготовки. Деталь є геометричною фігурою складених із циліндричних, площинних поверхонь, що дозволяє застосувати відомі методи обробки (точіння, свердління, шліфування, фрезерування) та реалізувати прості схеми базування і закріплення [5].

Аналіз конструктивних особливостей східчастих поверхонь деталі передбачає застосування на токарних операціях точіння різцями. Конструкція деталі повинна мати достатню жорсткість, яка б компенсувала деформації її поверхонь від сил різання при обробки. Конструкція валу має східчасті поверхні різних діаметрів, розташованих на великій довжині деталі (дивись креслення деталі).

Паз на кресленні виконано «глухим», тобто він фрезерується не «напрохід». Це є нетехнологічним.

За рекомендаціями робіт [3, 5, 12] вали в середньосерійному виробництві раціонально оброблювати на токарних верстатах з ЧПК.

Креслення шпонкових пазів доповнене технічними вимогами їх симетричного і паралельного розташування відносно базових поверхонь деталі, що забезпечить потрібне з'єднання пластини, шпонки а також приєднаних деталей при складанні.

За рекомендаціями робіт [3, 6] шорсткість поверхонь діаметрів 35h6 становить $R_a = 0,8$ мкм та 25h6 з шорсткістю $R_a = 0,8$ мкм. Ця вимога конструктора є правильною і передбачає забезпечити з'єднання підшипників із шийками пластини пресою посадкою.

Таким чином, за якісними показниками деталь є технологічною, допускає застосування відомих методів обробки і роботу на верстатах із високопродуктивними режимами різання.

Кількісний аналіз технологічності деталі.

Визначення коефіцієнта використання матеріалу:

$$K_{BM} = \frac{M_D}{M_3}, \quad (1.1)$$

де M_D – маса готової деталі, $M_D = 3,4$ кг

M_3 – маса заготовки, $M_3 = 5,44$ кг

$$M_3 = M \cdot K_p = 3,4 \cdot 1,6 = 5,44 \text{ кг} \quad (1.2)$$

$$K_{BM} = \frac{3,4}{5,44} = 0,625$$

Визначення рівня технологічності конструкції по використанню матеріалу:

$$K_{EM} = \frac{K_{6BM}}{K_{нBM}}, \quad (1.3)$$

де K_{6BM} – базовий коефіцієнт використання матеріалу, $K_{6BM} = 0,25$ (за даними підприємства, на якому виготовлялася деталь);

$$K_{EM} = \frac{0,25}{0,4} = 0,625.$$

Визначаємо коефіцієнт точності обробки:

$$K_m = 1 - \frac{1}{T_{сер}} = 1 - \frac{\sum n_i}{\sum T \cdot n_i} \quad (1.4)$$

де $\sum n_i$ – число розмірів відповідного класу точності;

T – клас точності обробки.

$$\sum n_i = 1 + 1 + 1 + 6 + 1 = 10.$$

$$\sum T \cdot n_i = 7 \cdot 1 + 8 \cdot 1 + 9 \cdot 1 + 14 \cdot 6 + 16 \cdot 1 = 110.$$

$$K_m = 1 - \frac{10}{124} = 0,91 > 0,8.$$

За цим показником деталь технологічна.

Визначаємо коефіцієнт шорсткості:

$$K_u = \frac{1}{\sum \frac{n_{im}}{Ш_{cp}}} = \frac{\sum n_{im}}{\sum Ш \cdot n_{im}}, \quad (1.5)$$

де $\sum n_{im}$ – число поверхонь відповідного класу шорсткості

$$\sum Ш \cdot n_{im} = 0,8 \cdot 6 + 3,2 \cdot 6 + 6,3 \cdot 2 = 36,6.$$

$$K_u = \frac{14}{36,6} = 0,31 < 0,32.$$

За цим показником деталь технологічна.

1.5 Аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення деталі

005 Заготівельна

В умовах серійного типу виробництва – протяжка

010 Контроль втк.

На цій операції контролюється розміри деталі після заготовки.

Вимірювальний інструмент:

Штангенциркуль ШЦ-И-250-0,1 ГОСТ 166-89.

015 Термічна

Метою термічної обробки штамповки є усунення внутрішніх напружень, що виникли при нагріванні, поліпшення оброблюваності різанням.

020 Контроль втк.

На цій операції контролюється розміри, режими термічної обробки, твердість заготовки та розміри деталю

Мерильний інструмент:

Штангенциркуль ШЦ-И-250-0,1 ГОСТ 166-89.

Твердомір ТП -808.

025 Токарно-гвинторізна

На данній операції за два встанови здійснюється обробка деталі.

Деталь базується і закріплюється в трьохкулачковому патроні 04-00 ГОСТ2675-80 з упором в торець. Деталі позбавлюється п'яти ступінів вільності.

Верстат:

Токарно - гвинторізний мод. 16К20.

Різальний інструмент:

Різець прохідний упорний WTQNL 2020 K1304

Різець фасонний ГОСТ 18875-73

Свердло спіральне TCD 200-209-25S0-8D

030 Контроль втк.

На цій операції на столі ВТК контролюється розміри після токарних робіт

Вимірювальний інструмент:

Штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1 ГОСТ 166-89.

Калібр-скоба ГОСТ 18360-93

035 Вертикально фрезерувальна

На даній операції фрезерування 2-х лисок. Деталь закріплюється в призмах з упором в торець. Деталі позбавляються п'яти спупінів вільності.

Верстат:

Вертикально фрезерний мод. ГФ2171

Різальний інструмент:

Фреза CFM 4160M

040 Контроль втк.

На цій операції на столі ВТК контролюється розміри лисок після фрезерування.

Вимірювальний інструмент:

Штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1 ГОСТ 166-89.

045 Вертикально фрезерувальна

На даній операції відбувається обробка шпонкового пазу за один установ. Деталь закріплюється в опору з упором в торець. Деталі позбавляються п'яти спупінів вільності.

Верстат:

Вертикально фрезерний мод. ГФ2171

Різальний інструмент:

Фреза KHSF 4025M 070

050 Контроль втк.

На цій операції на столі ВТК контролюється розмір шпонкового пазу.

Вимірювальний інструмент:

Штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1 ГОСТ 166-89.

055 Свердлильна

На даній операції відбувається обробка двох отворів 6

Різальний інструмент:

Свердло CDF 060-034-06

060 Контроль втк.

На цій операції на столі ВТК контролюється розмір отворів.

Вимірювальний інструмент:

Штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1 ГОСТ 166-89.

065 Електроерозія.

070 Контроль втк.

На цій операції на столі ВТК контролюється розмір отворів.

Вимірювальний інструмент:

Штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1 ГОСТ 166-89.

075 Шліфувальна

На даній операції відбувається шліфування . Метою якої є досягнення шорхності Ra04.

Верстат:

Шліфувальний 3К12Р

080 Контроль втк.

На цій операції на столі втк контролюється розміри шорхність поверхні 13к6. Та контроль усіх розмірів виробленої деталі.

Вимірювальний інструмент:

Профілограф-профілометр моделі 201.

Штангенциркуль ШЦ-1-250-0,1 ГОСТ 166-89.

Штангенциркуль ШЦ-1-125-0,01 ГОСТ 166-89.

1.6 Висновки та завдання для удосконалення технологічного процесу виготовлення вала

1. Наявні для підприємства технологічні процеси обробки валів здійснюються за умов одиничного виробництва. На підприємствах використовують багатопільові технічні верстати, а заготовки обробляються по-різному з використанням режимів чорнової та чистової обробки. Структура операції складається з переходів, у яких використовуються різні режими різання та ріжучі інструменти із застосуванням універсальних (спрощених) технічних засобів. Структура технологічного процесу заснована на принципі концентрації операцій та передбачає значний обсяг людських обчислень та численні допоміжні переходи при обробці заготовок.

Виходячи з умов середньосерійного виробництва, існуюча структура процесу обробки валів недоцільна.

2. Основний технологічний процес виготовлення валів не може підтримувати однакову тривалість робочого часу, різні цикли виробництва виробів із технологічних ліній. Це притаманно середньосерійного виробництва.

3. При технічній експлуатації пристроїв з пневматичним (гідравлічним) приводом для зручного монтажу (підстави та кріплення) заготовок не застосовують. Без цих пристроїв допоміжний час може бути скорочено за рахунок штучного обчислення часу на іншу операцію, що підвищує трудомісткість.

4. Режими чорнової та чистової обробки, які обробляють заготовку за одну операцію, збільшують знос верстата та знижують жорсткість та точність обробки.

Управління 5-осьовим виробничим процесом з використанням обробного центру з ЧПУ вимагає значної рушійної сили, кількох методів обробки та ріжучих інструментів, які не завжди є економічно доступними. Вартість товару залежить від максимальної вартості машини. Це робить продукт збитковим у ринкових умовах.

5. Для подрібнення використовується старе обладнання. Умови середньосерійного виробництва вимагають оснащення виробництва сучасним, продуктивним та точним обладнанням. Крім того, слід вживати заходів щодо активного контролю точності розмірів шийок механічних деталей. Запропоновані засоби активного контролю гарантують точність розмірів деталей в автоматичному режимі та виключають розмірні похибки поверхні, що обробляється.

6. У технічний процес обробки валу слід запровадити чистову обробку. Запропонована операція необхідна для забезпечення стабільної шорсткості двох поверхонь двох опорних поверхонь та ущільнювальної частини. За критерієм $Ra = 0,8$ мкм відомо, що шліфувальні операції не забезпечують необхідної шорсткості поверхні [25, 26, 28]. Процес шліфування відбувається при

температурі вище 750°C випалює вуглець з поверхні деталі. На поверхні деталі з'являється аморфний шар металу, що впливає на твердість і розміри поверхні, що обробляється. Опорну поверхню полірують бором, полірують одним із відомих способів, суперфінішуванням або подвійною вібрацією бору. Поверхні перерізу - еліпси та фаски. На останній фактор сильно впливає якість з'єднання "підшипник кочення - шийка підшипника". Це означає триваліший термін служби виробу та менший знос гумових ущільнень.

7. Слюсарні операції вимагають виключення ручної праці при знятті задирок з деталей. Запропоновано видаляти спалах термічним методом спалювання в збагаченій киснем суміші водню та кисню. Очищення відбувається в камері за температури близько 3000°C . Час горіння поглинається за 0,2 секунди. Заготівля не встигає нагрітися і задирки на всіх кромках поверхонь, що стикаються, оплавляються.

Робота виконується на верстаті з повернутим уперед столом. Заготівля вміщується всередину закритої камери, корпус якої оточений сорочкою охолодження. Далі суміш подається до камери під тиском 0,4-7 МПа залежно від матеріалу заготовки. Цей спосіб має продуктивність 4 штуки за хвилину і не вимагає великих витрат. Водночас це також вирішує проблему скорочення ручної праці робітників.

8. Операцію "Технічний контроль" слід використовувати для контролю технічних вимог до детальних креслень у процесі технічного виготовлення. У процесі експлуатації контролюються всі точні розміри деталей, шорсткість поверхні $Ra = 0,8\sim 1,6$ мкм, точність взаємного розташування шпонкових поверхонь за технічними вимогами креслення валу. Контрольний стіл повинен бути оснащений необхідними засобами контролю, тобто пристроєм для вимірювання радіального биття циліндричної поверхні деталі, що розробляється.



2 УДОСКОНАЛЕННЯ ІСНУЮЧОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

2.1 Складання варіантів технологічних маршрутів та вибір оптимального

Вихідними для цього кроку є знання про загальні маршрути обробки поверхонь або груп поверхонь.

Консолідовані операції часто пов'язані з міграціями, які можуть бути виконані однією установою. Тому необхідно ухвалити рішення щодо подальших принципів проектування: диференціація або концентрація будівельних робіт.

При проектуванні маршрутного технологічного процесу необхідно врахувати:

- технологічні процеси рекомендується проектувати згідно з принципом поетапності, тобто необхідно забезпечити виконання чорнових, а потім чистових способів обробки;
- в першу чергу обробляють бази для наступних операцій;
- потім обробляють поверхні з найбільшим припуском і напуском, так як використовуються форсовані режими різання, а отже і будуть великі сили різання;
- обробка поверхонь, в яких можуть бути виявлені дефекти заготовки;
- найбільш точні поверхні обробляються в останню чергу.

Для зручності наведемо кілька технологічних маршрутів обробки і виберемо оптимальний з них.

Маршрут №1:

- 005 Заготівельна
- 010 Термічна обробка
- 015 Токарна чорнова
- 020 Фрезерна
- 025 Токарна чистова
- 030 Вертикально-фрезерна
- 035 Контрольна
- 040 Слюсарна
- 045 Контрольна

Маршрут №2:

- 005 Заготівельна

- 010 Термічна обробка
- 015 Токарна чорнова
- 020 Токарна чистова
- 025 Фрезерна
- 035 Контрольна
- 040 Слюсарна
- 045 Контрольна

Маршрут №3:

- 005 Заготівельна
- 010 Технічний контроль
- 015 Фрезерно-центрувальна
- 020 Слюсарна
- 025 Технічний контроль
- 030 Токарна з ЧПК
- 035 Технічний контроль
- 040 Токарна з ЧПК
- 045 Технічний контроль
- 050 Вертикально-фрезерна
- 055 Слюсарна
- 060 Технічний контроль
- 065 Горизонтально-розточувальна
- 070 Технічний контроль
- 075 Термічна обробка
- 080 Круглошліфувальна
- 085 Мийна
- 090 Токарно-гвинторізна
- 095 Слюсарна

100 Контроль ВТК

Маршрут № 3 краще, тому що під час бурових робіт, що передують маршруту № 1 і маршруту № 2, обробка точних поверхонь відбувається наприкінці технологічного процесу.

2.2 Вибір та обґрунтування способу виготовлення вихідної заготовки

Вихідними даними для виготовлення заготовки з річної програма випуску деталей $N = 5000$ штук; матеріал деталі – сталь 40Х ГОСТ 4543-71; тип виробництва – середньосерійний.

На підприємстві заготовка для валу виготовляється із круглого прокату діаметром $55(+0,4;-1,0)$ мм і довжиною 8000 мм. Заготовка із наведеними розмірами є груповою заготовкою, яка потім розрізається на окремі (штучні) заготовки (див. рис. 2.1).

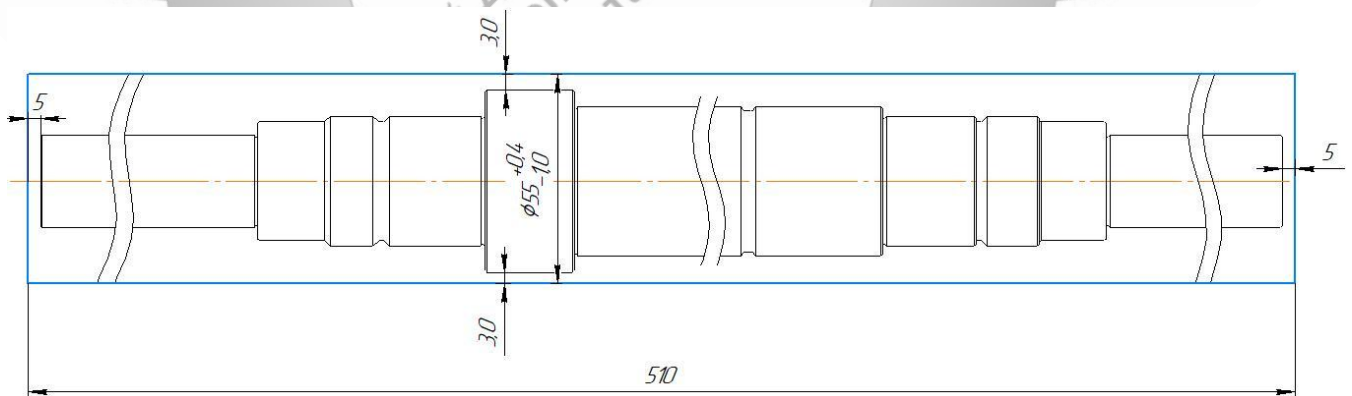


Рисунок 2.1 – Заготовка, яка виготовлена із круглого прокату

Визначимо вартість $S_{\text{п}}$ заготовки із круглого прокату за формулою [5]:

$$S_{\text{п}} = M + \Sigma C_{\text{o}},$$

де M – витрати матеріалу заготовки, грн.;

C_{o} – витрати на розрізання прутків для отримання штучних заготовок, грн.

$$M = Q \cdot S - (Q - q) \cdot \frac{S_{\text{отх}}}{1000} = 9,5 \cdot 58 - (9,5 - 3,4) \cdot \frac{280}{1000} \cong 550 \text{ грн,}$$

де $Q = 9,5 \text{ кг}$ – маса заготовки із прокату;

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} \cdot L \cdot J = \frac{3,14 \cdot 5,5^2}{4} \cdot 51 \cdot 7,9 = 9,5 \text{ кг;}$$

$$J = \frac{3,14 \cdot 5,5^2}{4} \cdot 51 \cdot 7,9 = 9,5 \text{ кг;}$$

$D = 55 \text{ мм}$ – діаметр прутка;

$L = 510 \text{ мм}$ – довжина окремої заготовки із прутка;

$J = 7,9 \text{ г/см}^3$ – питома щільність матеріалу.

$S = 58 \text{ грн}$ – ціна одного кілограма матеріалу заготовки;

$q = 3,4 \text{ кг}$ – маса деталі (за кресленням);

$S_{\text{отх}} = 280 \text{ грн}$ – ціна однієї тони відходів.

$$C_o = \frac{C_{\text{пз}} \cdot T_{\text{шт}}}{60 \cdot 100} = \frac{121 \cdot 1,9}{60 \cdot 100} = 0,0383 \text{ грн,}$$

де $C_{\text{пз}} = 121 \text{ коп/г}$ – наведені витрати за один час роботи обладнання [5, с.30].

Якщо відрізання заготовок виконується на кругло-відрізнаму півавтоматі моделі 8А631 дисковими пилами, то основний час визначиться за формулою:

$$T_o = \frac{L_p \cdot i}{S_m} = \frac{90 \cdot 1}{82,74} = 1,1 \text{ хв,}$$

де $L_p = L_o + L_{\text{вр}} + L_{\text{пер}} = 55 + 5 + 5 = 65 \text{ мм}$ – довжина заготовки, відрізання і перебіг різального інструменту при відрізанні заготовок діаметром 55 мм;

$i = 1$ – кількість рухів інструменту;

$S_m = S_z \cdot Z \cdot n_{\text{фр}} = 0,05 \cdot 84 \cdot 19,7 = 82,74 \text{ мм/хв}$ – хвилинна подача стола верстата;

$S_z = 0,05$ мм/зуб – подача на один зуб фрези (для фрези $D_{фр} = 350$ мм; $Z = 84$ зубця; $B = 5,0$ мм згідно ГОСТ 2679–73) [6].

$T_{шт}$ – штучний час операції, де розрізаються прутки на окремі заготовки, хв.

$$T_{шт} = T_o + T_d + T_{об} + T_{пер} = 1,1 + 0,69 + 0,11 = 1,9 \text{ хв},$$

де $T_d = 1,85 \cdot (0,069 + 0,034 + 0,04 + 0,23) = 0,69$ хв – додатковий час [5];

$$T_{об} + T_{пер} = 6\% \cdot T_{оп} = 6\% \cdot (T_o + T_d) = 0,06 \cdot (1,1 + 0,69) = 0,11 \text{ хв} - \text{ час обслуговування робочого місця і час відпочинку [5].}$$

$$S_{п} = 550 + 0,0383 \approx 550 \text{ грн.}$$

В технологічному процесі який проектується, заготовку пропонується виготовляти штампуванням на КГШП (нагрівання заготовок – індукційним способом).

Визначимо вартість заготовки $S_{шт}$, яка отримана гарячим штампуванням на КГШП [5, с.31]:

$$S_{шт} = \left(\frac{S}{1000} \cdot Q_{п} \cdot K_T \cdot K_c \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_{п} \right) - (Q_{п} - q) \cdot \frac{S_{від}}{1000},$$

де $Q_{п} = 5,44$ кг – маса заготовки отриманої пресуванням;

$K_T = 1,0$ – коефіцієнт, що залежить від класу точності штамповки;

$K_c = 0,87$ – коефіцієнт, що враховує групу складності штамповки;

$K_B = 1,14$ – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки;

$K_M = 1,13$ – коефіцієнт, що враховує масу заготовки;

$K_{п} = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує об'єм виробництва.

$$S_{шт} = \left(\frac{58000}{1000} \cdot 5,44 \cdot 1,0 \cdot 0,87 \cdot 1,14 \cdot 1,13 \cdot 1,0 \right) - (5,44 - 3,4) \cdot \frac{280}{1000} \\ = 353 \text{ грн.}$$

Порівняємо два способи виготовлення заготовок – із прокату та заготовку виготовленою штампуванням на КГШП:

$$S_{\pi} = 550 \text{ грн} > S_{\text{ш}} = 353 \text{ грн.}$$

Годова економія одного методу в порівнянні з іншим методом:

$$E = (550 - 353) \cdot 5000 = 985000 \text{ грн.}$$

Приймаємо заготовку, яка одержана штампуванням на КГШП.

Призначення табличних значень припусків та допусків на поверхні заготовки, яка одержана способом штампування, згідно ГОСТ 26645–85.

1. Основне обладнання – КГШП, клас точності Т4 [7, т. 19].

2. Визначимо масу штампованої заготовки $m_{\text{ш}}$ [7, т. 20]:

$$m_{\text{ш}} = q \cdot K_p = 3,4 \cdot 1,6 = 5,44$$

де $K_p = 1,6$ – коефіцієнт.

3. Установлюємо клас точності – Т4 [7, т. 19].

4. Визначаємо групу сталі – М2 [7, т. 1].

5. Визначаємо ступінь складності поковки С [7, додаток 2]:

$$C = \frac{m_{\text{ш}}}{m_{\phi}} = \frac{5,44}{7,8} = 0,69,$$

$$\text{де } m_{\phi} = V_{\phi} \cdot j \cdot 1,05 = \frac{\pi D^2}{4} \cdot L \cdot j \cdot 1,05 = \frac{3,14 \cdot 4,9^2}{4} \cdot 50 \cdot 7,9 \cdot 1,05 = 7,8 \text{ кг;}$$

$j = 7,9 \text{ г/см}^3$ – щільність матеріалу;

$D = 49 \text{ мм}$; $L = 500 \text{ мм}$ – найбільші розміри деталі за кресленням;

$1,05$ – коефіцієнт збільшення розмірів поковки.

Якщо $C = 0,62 < 0,69$, то ступінь складності $C2$.

6. Визначаємо конфігурацію поверхні рознімання штампа [7, т. 1] – П (площинна).

7. Визначаємо вихідний індекс $VI = 13$ [7, т. 2].

8. Визначаємо основні табличні припуски на механічну обробку (на сторону) і напуски [7, т. 3]:

1,9 - діаметр 25 і шорсткість поверхні $Ra = 0,8 \text{ мкм}$

- 1,9 - діаметр 35 і шорсткість поверхні $R_a = 0.8$ мкм
- 1,8 - діаметр 49 і шорсткість поверхні $R_a = 6.3$ мкм
- 1,9 - діаметр 40 і шорсткість поверхні $R_a = 0.8$ мкм
- 1,9 - діаметр 25 і шорсткість поверхні $R_a = 0.8$ мкм
- 2,7 - довжина 500 і шорсткість поверхні $R_a = 6.3$ мкм
- 2,0 - довжина 130 і шорсткість поверхні $R_a = 6.3$ мкм +
- 2,3 - довжина 191 і шорсткість поверхні $R_a = 6.3$ мкм +
- 2,5 - довжина 285 і шорсткість поверхні $R_a = 6.3$ мкм +
- 1,8 довжина 80 і шорсткість поверхні $R_a = 6.3$ мкм.

Додаткові припуски, що враховують:

- зміщення по поверхні роз'єму штамп - 0,3 мм (с.14,таблиця 4);
- зігнутість, відхилення від площинності і прямолінійності - 0,5 мм (с.14,таблиця 5).

Таблиця за розрахунковими розмірами 2.1

Розмір деталі	Основний припуск на сторону	Додатковий припуск на сторону	Розрахунковий розмір заготовки	Допуск і бокові відхилення	Прийнятні розміри заготовки
ø25	1,9	0,3; 0,8	31	$2,2^{+1,4}_{-0,8}$	$31^{+1,4}_{-0,8}$
ø35	1,9	0,3; 0,8	41	$2,2^{+1,6}_{-0,8}$	$41^{+1,4}_{-0,8}$
ø49	1,8	0,3; 0,8	55	$2,5^{+1,6}_{-0,9}$	$55^{+1,6}_{-0,9}$
ø40	1,9	0,3; 0,8	46	$2,2^{+1,4}_{-0,8}$	$46^{+1,6}_{-0,9}$
ø25	1,9	0,3; 0,8	31	$2,2^{+1,4}_{-0,8}$	$31^{+1,4}_{-0,8}$
500	2,7	0,3; 0,8	507	$4,0^{+2,7}_{-1,3}$	$507^{+2,7}_{-1,3}$
130	2,0	0,3; 0,8	132	$2,8^{+1,8}_{-1,0}$	$132^{+1,8}_{-1,0}$
191	2,3	0,3; 0,8	193	$3,2^{+2,1}_{-1,1}$	$193^{+2,1}_{-1,1}$
285	2,5	0,3; 0,8	286	$3,6^{+2,4}_{-1,2}$	$286^{+2,4}_{-1,2}$
80	1,8	0,3; 0,8	82	$2,5^{+1,6}_{-0,9}$	$82^{+1,6}_{-0,9}$

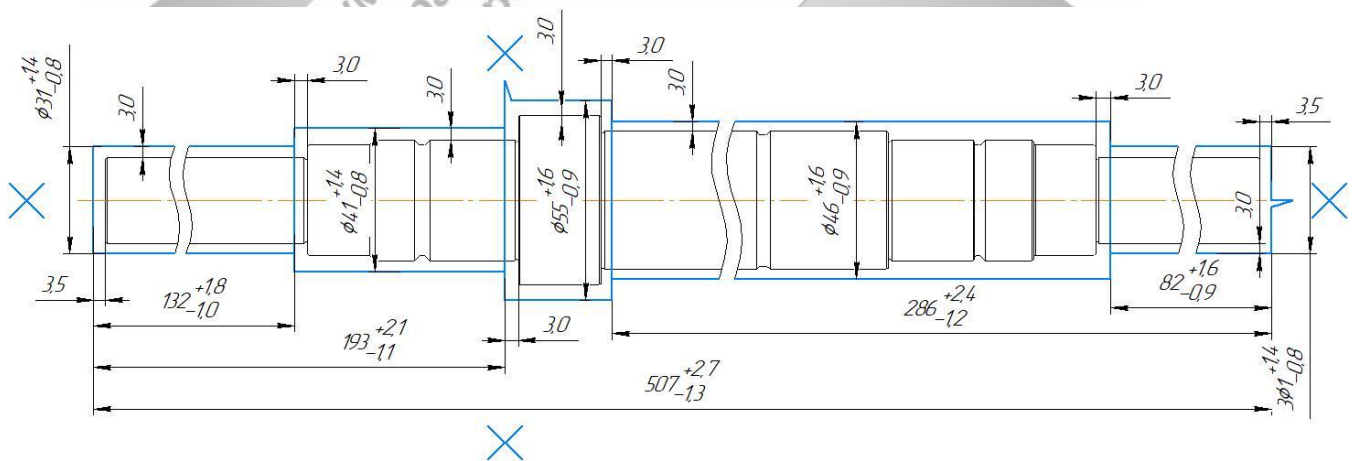


Рисунок 2.2 – Ескізи заготовки

2.3 Розрахунок припусків на механічну обробку

Розрахунок припусків на діаметральний розмір $\varnothing 40h6$.

Для одного з точних діаметральних розмірів деталі $\varnothing 40h6(-0,016)$ проведемо розрахунки припусків розрахунково-аналітичним методом проф. В. М. Кована за допомогою програми "Pripusk".

Для розрахунків використаємо вихідні дані:

– маршрут обробки заданої поверхні:

Заготовка: поковка штампована,

чорнове точіння (IT 12, Ra 6,3),

напівчистове точіння (IT 9, Ra 3,2),

чистове точіння (IT 7, Ra 1,6);

круглошліфування (IT 6, Ra 0,8);

– необхідні параметри поверхні (для класу точності T4 за таблицями програми для ЕОМ "Pripusk" такі: Rz = 200 мкм, T = 250 мкм; після першого розточування маємо шорсткість Rz = 50 мкм, дефектний шар маємо T = 50 мкм; після другого розточування маємо Rz = 10 мкм, дефектний шар 10 мкм; після чистового розточування маємо шорсткість 5 мкм, дефектний шар 5 мкм; після круглого шліфування маємо шорсткість 2 мкм, дефектний шар 2 мкм;

За допомогою підказок програми "Pripusk" вибираємо необхідні параметри поверхонь з кількома механічними обробками.

Відхилення розташування штамповки визначимо по формулі (6.1):

$$\rho_o = \sqrt{\rho_{зм}^2 + \rho_{кор}^2}, \text{ мкм} \quad (6.1)$$

де $\rho_{кор}$ - це величина короблення у мкм;

$$\rho_{кор} = l \times \Delta, \text{ мкм} \quad (6.2)$$

де Δ – це питома кривизна заготовки у мкм/мм; $\Delta = 2,0$ мкм/мм;

l – це довжина вала, мм;

$$l = 500 \text{ мм.}$$

$$\rho_{\text{кор}} = 2,0 \times 500 = 1000 \text{ (мкм);}$$

$\rho_{\text{зм}}$ - це величина зміщення заготовки на поверхнях штампу, мкм;
згідно з таблицею-підказкою, $\rho_{\text{зм}} = 170$ мкм

Тоді маємо:

$$\rho_o = \sqrt{1000^2 + 170^2} = 1014 \text{ (мкм)}$$

Значення просторових відхилень для решти механічних операцій обробки визначимо по формулі:

$$\rho_i = k_y \times \rho_o, \text{ мкм} \quad (6.3)$$

де k_y – це коефіцієнт з уточнення.

Для чорнового точіння $k_y = 0,06$;

напівчистого точіння $k_y = 0,05$;

чистового точіння $k_y = 0,04$;

круглого шліфування $k_y = 0,02$.

Після виконання переходів значення остаточних похибок розміщень заготовки визначимо по формулі:

$$\rho_{\text{чорн.точ}} = 0,06 \times 1014 = 60,84 \text{ мкм;}$$

$$\rho_{\text{напівчист.точ.}} = 0,05 \times 1014 = 50,7 \text{ мкм;}$$

$$\rho_{\text{чист.точ.}} = 0,04 \times 1014 = 40,56 \text{ мкм;}$$

$$\rho_{\text{кругл.}} = 0,02 \times 1014 = 20,28 \text{ мкм;}$$

Визначимо похибку установаження заготовки по формулі:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_o^2 + \varepsilon_z^2}, \text{ мкм} \quad (6.4)$$

де $\varepsilon_{\text{баз}}$ – це похибка базування, мкм;

$\varepsilon_{\text{закр}}$ – це похибка закріплення, мкм.

Якщо витримується принцип суміщення технологічної з вимірною базою, то похибка базування дорівнює нулю: $\varepsilon_{\text{баз}}=0$.

Роздрук результату розрахунку на ЕОМ – див. додаток Б.

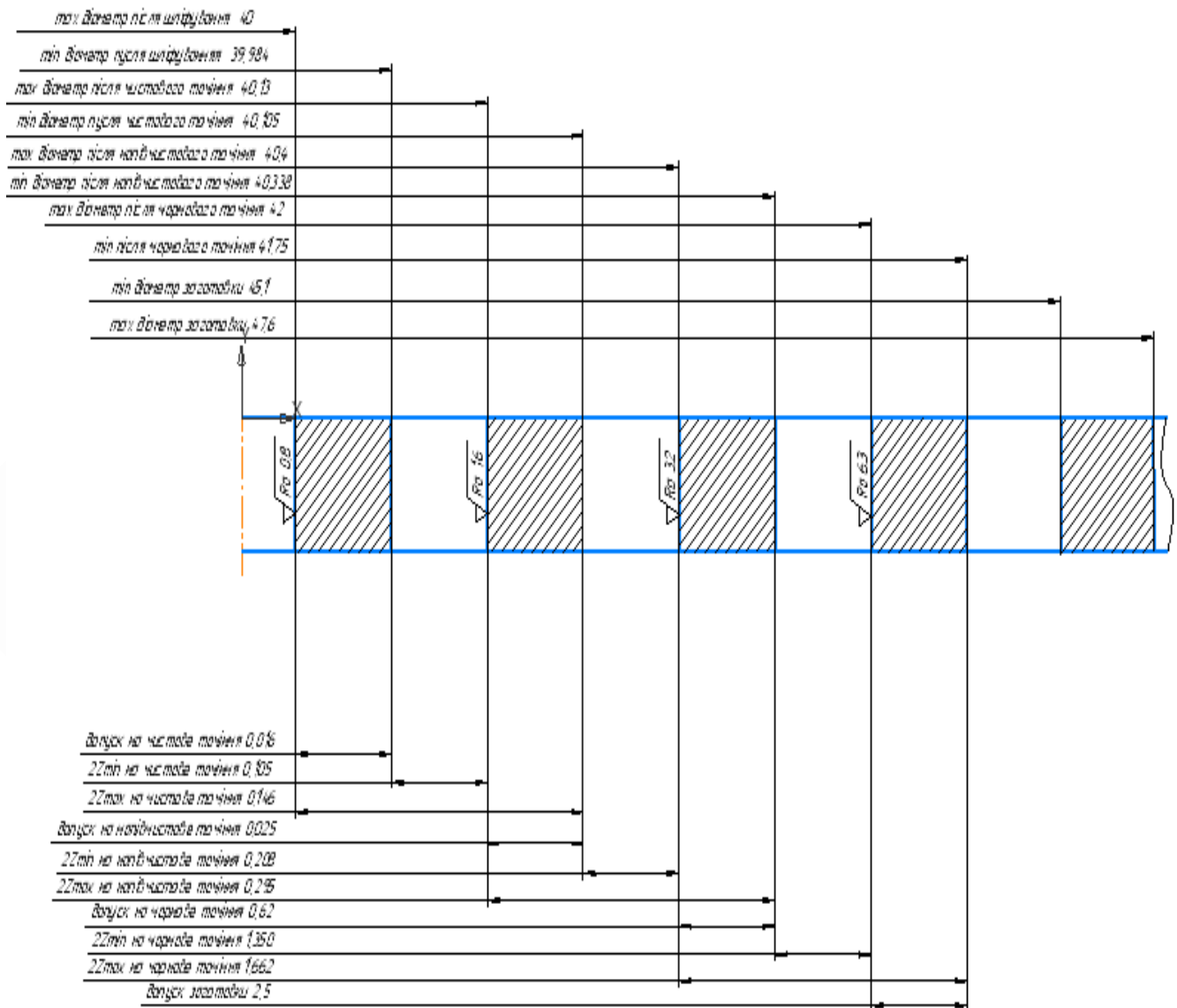


Рисунок 2.3 – Схема розташування припусків та допусків на $\varnothing 40h6$

2.4 Призначення та обґрунтування схем базування та закріплення заготовки

Операція 030 «Токарна з ЧПК». Схеми за варіантами №1 базування і закріплення заготовок наведені на рисунку 2.4

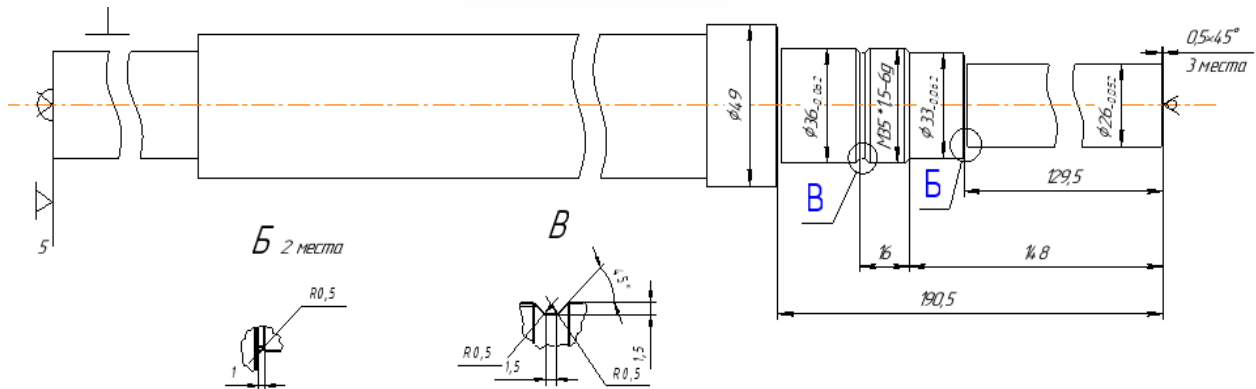


Рисунок 2.4 – Обробка на операції 030

Устаткування – токарний станок 16A20Ф3 з системою ЧПУ «WL4T».

Схема базування на даній операції деталь базується в центрах. Мають місце дві технологічні бази: подвійна направляюча (позбавляє 4-х степенів волі) і опорна (позбавляє деталь однієї степені волі)

Таблиця 2.2 – Таблиця відповідності

Зв'язок	Ступень вільності	База
1, 2, 3, 4	II, III, V, VI	ПНБ
5	I	ОБ
6	Вакансія	–

Таблиця 2.3 – Таблиця відповідності

X, Y, Z / 1, α	X	Y	Z	База
1	1	1	0	ПНБ
α	1	1	0	
1	0	0	1	ОБ
α	0	0	0	
1	0	0		–
α	0	0	0	
Всього	2	2	1	5-ть зв'язків

Операція 050 «Вертикально-фрезерна». Верстат моделі ГФ2171Ф3. Схема базування і закріплення заготовки наведена на рисунку 2.5.

На операції оброблюються: шпонковий паз розмірами $10H9(+0,052; 0)$ мм та паз $8H9(+0,052; 0)$. Точність ширини всіх пазів забезпечується діаметром інструменту (фрезами відповідних розмірів). Точність довжин пазів забезпечується точністю налагоджування інструментів на розмір.

Призма також забезпечує виконання технічних вимог паралельності та симетричності положення паза по відношенню до інших поверхонь заготівлі. Зазначені технічні вимоги постачаються у спеціально розробленому пристрої (див. розділ 7 приміток).

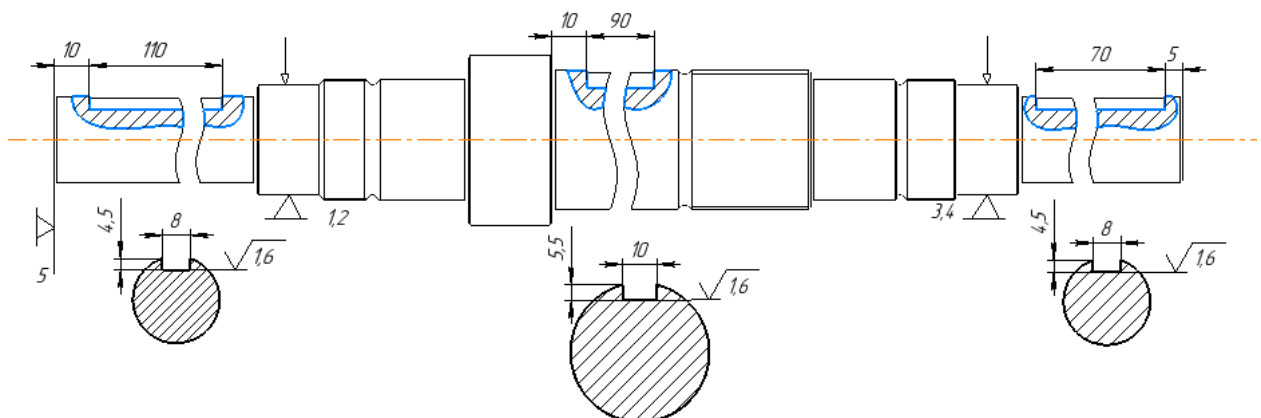


Рисунок 2.5 – Ескіз заготовки на операції 050

Аналіз заготівельних схем з метою забезпечення точності робочих розмірів.

Базовий метод не впливає на точність розмірів 8 мм та 10 мм. Точність цього розміру насамперед визначається геометричною точністю ріжучого інструменту (діаметром ключової фрези).

Точність проточування довжин 110 мм, 90 мм та 70 мм залежить від точності позиціонування робочого органу верстата. Базовий рисунок не впливає на довжину канавки.

Для розмірів 10 мм та 8 мм похибка бази дорівнює нулю, тому що в цьому випадку технічна база та база вимірювання збігаються (лівий торець заготовки). Способи заземлення та підключення показані в таблицях 2.4 та 2.5.

Таблиця 2.4 – Таблиця відповідності

Зв'язок	Ступінь свободи	База
1, 2, 3, 4	II, III, V, VI	ПНБ
5	I	ОБ
6	IV – Вакансія	–

Таблиця 2.5 – Матриця зв'язків

X, Y, Z / 1, α	X	Y	Z	База
1	1	1	0	ПНБ
α	1	1	0	
1	0	0	1	ОБ
α	0	0	0	
1	0	0	0	—
α	0	0	0	
Всього	2	2	1	5-ть зв'язків

Під час установки заготовки на призму має місце похибку базування на глибину пазу 5,5мм, величину якої можна розрахувати за формулою [СТМ1]:

$$\varepsilon = 0,5TD \left(\frac{1}{\sin \alpha} + 1 \right)$$

$$\varepsilon = 0,5 * 0,2 * \left(\frac{1}{\sin 45} + 1 \right) = 0,067$$

де TD=0,062мм - допуск на $\varnothing 40$, $\varnothing 25$ поверхні

$\alpha = 45$ - половина кута призми.

Похибку базування на глибину пазу 5,5мм дорівнює 0,067мм. Таким чином виконуються умова: $\varepsilon = 0,067$ мм $T = 0,2$, що є прийнятним з точки зору забезпечення точності поверхні. Так, як всі допуски не перевищують норму на операційний розмір це є прийнятним для обраної схеми базування.

2.5 Обґрунтування та вибір моделей металорізальних верстатів

Токарна обробка заготовок на підприємстві виконується на верстаті моделі ТЛ-1. Технічна характеристика верстата моделі 16А20Ф3 наведена в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 - Технічні характеристики верстата 16A20Ф3



Параметри	Чисельні дані
Модель верстата	16A20Ф3
Найбільший діаметр виробу, що встановлюється над станиною, мм	500
Найбільший діаметр виробу, що обробляється над станиною, мм	320
Найбільший діаметр оброблюваного виробу над супортом, мм	200
Найбільша довжина встановлюваного виробу в центрах, мм	1000
Діаметр циліндричного отвору в шпинделі, мм	55
Найбільший хід супорта поперечний, мм	210
Найбільший хід супорта поздовжній, мм	905
Максимальна рекомендована швидкість робочої поздовжньої подачі, мм/хв	2000
Максимальна рекомендована швидкість робочої поперечної подачі, мм/ хв	1000
Сумарна споживана потужність, кВт	21,4
Габаритні розміри верстата, мм	3700x2260x1650
Маса верстата (без транспортера стружковидалення), кг	4000

Для обробки шпонкового пазу пропонується вертикально-фрезерний верстат моделі ГФ2171Ф3. Конструкція стола та шпинделя верстата має підвищену жорсткість, що забезпечить точність розмірів заготовки при їх виготовленні на різних режимах різання. Точність «виходу» стола верстата із заготовкою в потрібну точку координатної системи «шпиндель-стіл» становить $\pm 0,01$ мм. Наведені дані верстата забезпечать технічні вимоги креслення вала. Технічна характеристика верстата наведена в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 - Технічні характеристики верстата ГФ2171Ф3

Параметри	Чисельні дані
Модель верстата	ГФ2171Ф3
Розміри робочої поверхні стола, мм 0	400x1600
Найбільша маса деталі, яка встановлюється на столі верстата (разом з пристосуванням), кг	400
Частота обертання шпинделя, хв-1	50-2500
Потужність приводу головного руху, кВт	11
Переміщення столу, мм:	
поздовжнє (вісь Х)	1010
поперечне (вісь Y)	400
вертикальне (установче)	250
Подача по всьому координатним осях, мм / хв	3/6000
Кількість інструментів в магазині	12
Найбільший діаметр інструмента, мм	125
Час зміни інструменту, з	20
Кількість керованих координат	3
Габарити верстата, мм	3350x4170x3150
Маса, кг, не більше	6580

2.6 Обґрунтування та вибір верстатних пристроїв, різального та вимірювального інструментів

Операція 030 «Токарна з ЧПК».

Техоснастка – центр А-1-5-Н ГОСТ 8742-75, штангельциркуль ШЦ-I-125-0,1-2 ГОСТ 166-89, ШЦ-II-250-0,1-2 ГОСТ 166-89, зразки шорхності ГОСТ 9378-75, шаблон М4-3075-03, шаблон М4-3074,

РІ1: Різець прохідний SCLCR 1616 H09

Різець токарний з механічним кріплення, гвинт через отвір твердосплавними ромбічної пластини з ріжучою кромкою 12,9мм та кутом нахилу в плані 95°, задній кут нахилу 0°, лівий, для позитивної ромбічної вставки 80°, перетин Н*В=25*25мм, довжина 100 мм.

РІ2: Різець прохідний упорний Т15К6 є відмінним прикладом для розбирання маркування. Тут видно, що виріб відноситься до твердосплавним матеріалами Тітановольфраміві групи. Буквено-цифрове позначення говорить про те, що «Т15» - 15% вміст карбиду титану, а «К6» - 6% вміст кобальту.

РІ3: Різець канавковий TGB 32-1.4 Різець канавковий з механічним кріплення, гвинт через отвір твердосплавними ромбічної пластини з ріжучою кромкою 1 мм довжина 150 мм.

РІ4: Різець різьбовий для зовнішньої різьби 20x12x120 Т30К4 ГОСТ 18885-73

Вимірювальний інструмент: штангенциркуль ШЦ-II-630-0,1 ГОСТ 169–89; зразки шорсткості ГОСТ 9378–93 (для сталі).

Операція 050 «Вертикально-фрезерна».

Для обробки трьох пазів треба розробити спеціальний пристрій з метою точного базування, швидкого закріплення та розкріплення заготовки, з

використанням пневматичного силового приводу. Проектування верстатного приводу наведено у розділі 7 пояснювальної записки.

Для обробки шпонкового.

Різальний інструмент:

РІ1:Кінцева фреза 2Р-ТЕ90-214-13-05-L110

Кінцеві фрези під кутом 90° зі вставками 2РКТ з високими позитивними спіральними ріжучими крайками. Матеріал ріжучої частини Р6М5 ГОСТ 17026-71. Довжина державки 110мм.

Для вимірювання пазів використовуються: калібр-пробки $\varnothing 8JS7$, $\varnothing 10JS7$ ПР/НЕ, штангенциркуль ШЦ-ІІ-250-0,1 ГОСТ 166-89; зразки шорсткості ГОСТ 9378-75.

2.7 Визначення режимів різання та технічне нормування операцій

Розрахунок режимів різання будемо проводити для операцій 025 токарна з ЧПК і 050 вертикально-фрезерна. Розрахунково-аналітичним методом розрахуємо режим різання для зовнішнього точіння поверхні.

Операція 030 «Токарна з ЧПК».

Вихідні дані. Обробка виконується на верстаті моделі 16А20Ф3, потужність верстата $N_b = 11$ кВт. Обробляється зовнішня циліндрична поверхня діаметром $55(+1,6; -0,9)$ мм до діаметру $49(0; -0,019)$ мм, на довжину 510 мм. Шорсткість поверхні $R_a = 6,3$ мкм.

Глибина різання t , мм [9, с. 265]:

$$t = \frac{55 - 49}{2} = 3 \text{ мм.}$$

Приймаємо $t = 3$ мм, кількість ходів $i=1$.

Подача S , мм/об [9, т. 11, с. 266]:

$$S = 0,6 - 0,7 \text{ мм/об.}$$

Приймаємо $S = 0,63$ мм/об (за паспортними даними верстата повздовжня та поперечна подачі змінюються без східчасто).

Швидкість різання V , м/хв [9, с. 265]:

$$V = \frac{C_v \cdot K_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} = \frac{420 \cdot 0,4}{60^{0,2} \cdot 3^{0,15} \cdot 0,63^{0,35}} = 74 \text{ м/хв,}$$

де $C_v = 420$, $x = 0,15$; $y = 0,35$; $m = 0,2$ [9, т.17, с.269–270]; $T = 60$ хв [9, с. 268].

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv} = 1 \left(\frac{750}{610} \right)^1 \cdot 0,8 \cdot 0,4 \approx 0,4,$$

де $K_r=1$; $n_v = 1$ [9, т. 2, с. 262]; $K_{mv}=0,8$ [9, т. 5, с. 263]; $K_{iv}=0,65$ [9, т. 5, с. 263];

$\sigma_B=610$ МПа (див. табл. 2.2).

Визначаємо частоту обертання заготовки n , об/хв:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 74}{3,14 \cdot 49} = 480,7 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо $n_n = 500$ об/хв, тоді

$$V_\phi = \frac{\pi D n_n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 55 \cdot 500}{1000} = 76,9 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо потужність різання N_e , кВт [9, с. 271]:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V_\phi}{1020 \cdot 60} = \frac{3985 \cdot 76}{1020 \cdot 60} = 4,9 \text{ кВт.}$$

Порівняємо $N_e = 4,9$ кВт $< N = N_e \cdot \eta = 11 \cdot 0,8 = 8,8$ кВт – режим різання буде реалізований.

Визначаємо основний T_0 (хв) час переходу:

$$T_0 = \frac{L_p \cdot i}{S \cdot n_n} = \frac{285 \cdot 1}{0,63 \cdot 300} = 0,47 \text{ хв,}$$

де $L_p = l_d + l_{вр} + l_{пер} = 285 + 1,5 + 0 = 286,5$ мм – розрахункова довжина;

$l_d = 285$ мм – довжина обробленої поверхні;

$l_{вр} = 1,5$ мм – величина врізання інструменту;

$l_{\text{пер}} = 0$ – величина перебігу інструменту;

$i = 1$ – кількість ходів інструменту.

На інші технологічні переходи операції режими різання визначалися табличним методом (див. табл. 5.7).

$$T_0 = 2.36$$

Розрахунок режиму різання будемо проводити для операції 50 вертикально-фрезерна. Аналітичним методом розрахуємо режим різання для шпонкового фрезерування.

Вихідні дані: діаметр поверхні – 5 мм, матеріал заготовки – сталь 40Х ГОСТ 4543-71; фреза 2Р-ТЕ90-214-13-05-L110; матеріал ріжучої частини Р6М5,

Зводимо розрахунки у табл. 2.9.

Таблиця 2.9 – Режими різання визначені за табличним методом для операції 050

Номер і текст переходу	Параметри режимів обробки						
	i	t, мм	S, мм/об	V, м/хв	n, об/хв	L, мм	T ₀ , хв
Фрезерування шпонки	18	0,2	472	22,3	1180	177	3,1
Всього							3,1

Технічне нормування операцій здійснюємо згідно вибору з відповідної літератури норм допоміжного часу [16].

2.8 Проектування засобів технологічного оснащення

Обґрунтування необхідності створення пристрою, вибір системи пристрою

На фрезерній операції виконується фрезерування шпонкового пазу у деталі «Вал». Так, як дана деталь є однією з відповідальних складових пакеторобної машини, тому для неї ставляться високі вимоги щодо точності розмірів, форми та розташування поверхонь.

Для полегшення трудомісткості виконання даної операції рекомендую замість ручного затиску використовувати пневматичний.

Застосування пневмокамери має певний ряд переваг:

- збільшення продуктивності роботи;
- зменшення допоміжного часу;
- зменшення трудомісткості роботи;
- швидкість дії та простота в управлінні;
- забезпечення необхідних зусиль затиску;
- зменшення розряду працівника;
- збільшення стабільності параметрів по точності виконання операції.

Уточнення мети технологічної операції

Визначення кількісних і якісних результатів виконання операції

Точність розмірів

Номинальний розмір – 8 мм.

Поле допуску – N.

Квалітет – 9.

Верхнє відхилення ES – 0 мм.

Нижнє відхилення EI – (- 0,036) мм.

Допуск T – 0,036 мм.

Точність форми

До шпонкового пазу не висунуті вимоги по точності форми. В такому разі допуск площинності стінок паза порівнює 60% від допуску на розмір ширини паза:

$$T=0,6*36=21,6 \text{ (мкм).}$$

Приймаємо зі стандартного ряду: $T=20 \text{ мкм} = 0,02 \text{ мм.}$

Точність розташування

Відповідно до креслення, до шпонкового пазу висунуті вимоги по взаємному розміщенню – допуск симетричності, який рівен 0,01 мм.

Шорсткість

Шорсткість оброблюваного пазу задана становить 1,6мкм за критерієм Ra, що відповідає 4 класу точності.

Визначення кількісних і якісних відомостей про заготовку, котра надходить на операцію

На початковому етапі розроблення схеми базування проводимо аналіз точності поверхонь, що претендують на роль базових.

Аналіз креслення деталі дозволив запропонувати ряд поверхонь, що можуть бути використанні як технологічні бази.

Розроблюване пристрій використовується для зажиму деталі «Вал».

Згідно завдання необхідно спроектувати верстатне пристрій для установки та закріплення заготовки на операції 050 Шпонково-фрезерна з ЧПК.

Точність розмірів

Діаметри двох базових поверхонь $35h6(0; -0,02)$ мм, номінальний розмір – 35 мм; квалітет – 6-й, поле допуску – h, величина допуску $T_{35h6} = 0,02$ мм, верхнє відхилення поля допуску $ES = 0$, нижнє відхилення поля допуску $EI = -0,02$ мкм.

Точність форми

На кресленні зазначена технічна вимога – радіальне биття двох поверхонь $\varnothing 60,8h8$ в межах 0,02 мм. Це биття може бути як відхиленням форми точності циліндричної поверхні (овал), так і відхиленням від співвісності двох наведених поверхонь (радіальне биття). Допуск циліндричності розраховується як 60% від допуску на розмір $\varnothing 60,8h8$ і становить:

$$T_f \varnothing 35h6 = 0,6 \cdot T_{\varnothing 35h6} = 0,6 \cdot 0,02 = 0,012 \text{ мм.}$$

Таким чином, цю технічну вимогу приймаємо як радіальне биття 0,01 мм.

Точність розташування

Розглянемо можливі похибки по радіальному биттю діаметра $\varnothing 35h6(0; -0,02)$

Для діаметра $\varnothing 35 h6$:

$$T_{\varnothing 35} = 0,6 \cdot 0,02 = 1,2 \cdot 0,012 \text{ мм.}$$

відповідного до стандартного ряду:

$$T_{\varnothing 45,4} = 1,2 \text{ мкм,}$$

що відповідає 6 ступеню точності.

Шорсткість

Шорсткість циліндричних базових поверхонь $R_a = 0,8\text{мкм}$. В пристрої, який проектується, будуть оброблятися заготовки із базовими поверхнями тільки наведеної точності розмірів, форми і шорсткістю.

Визначення умов, в яких буде виготовлятися та експлуатуватися проєктований пристрій

Річна програма випуску задана в 5000 деталей. Така програма з урахуванням трудомісткості відповідає дрібносерійному типу виробництва. Можна стверджувати, що пристрій будуть використовувати з досить великою інтенсивністю. В цілому, за період виготовлення деталі “Вал ведучий” (1 рік) пристрій повинен здійснити 5000 робочих циклів.

Заготовка буде оброблюватися на верстаті із ЧПК моделі ГФ2171Ф3.

Основні параметри верстата:

- частота обертання шпинделя – 50-2500 об/хв;
- Макс. обертаючий момент – 339Нм;
- максимальна осьова сила різання: $P = 2000\text{ Н}$;
- потужність електродвигуна – 11 кВт;

Складання переліку функцій, які реалізуються

0 Переміщення і попередня орієнтація заготовки;

1 Базування заготовки;

2 Закріплення заготовки;

3 Базування пристрою на верстаті;

4 Закріплення пристрою на верстаті;

5 Підведення і відведення енергоносія;

6 Утворення вихідної сили для закріплення;

7 Керування енергоносієм;

8 Об'єднання функціональних вузлів;

9 Обробка пазу;

10 Створення безпечних умов праці.

Розробка і обґрунтування схеми базування

На даній операції здійснюється фрезерна обробка деталі. Використання вертикально-фрезерного верстата передбачає встановлення заготовки в горизонтальному положенні.

Найбільшій точності обробки деталі можна досягнути у випадку, коли увесь процес обробки ведеться від однієї бази і з однієї установки, оскільки можливі зміщення при кожній новій установці вносять погрішності у взаємне розташування осей і поверхонь. Так як у багатьох випадках повна обробка деталі з одного установи неможлива, а також якщо необхідна обробка на інших верстатах, то з метою досягнення необхідної точності усі наступні установи деталі необхідно виконувати на одних і тих же базах.

Принцип постійності бази полягає у тому, що для виконання усіх операцій обробки деталі використовується одна і та ж база. Якщо по характеру обробки це не можливо – то у якості нової бази вибирають оброблену поверхню, яка визначається найбільш точними розмірами до основних, виконавчих поверхонь деталі.

При виборі баз для підвищення точності необхідно використовувати одну і ту ж поверхню у якості різних баз. Так завжди доцільно у якості вимірювальної приймати і установочну базу. Ще більшої точності досягають у випадку, коли складальна база являється одночасно і установочною і вимірювальною. В цьому заключний принцип суміщення баз.

Відповідно для досягнення найбільшій точності оброблюваного пазу необхідно дотримуватися принцип сумісності баз.

Найдоцільніше використовувати призми для закріплення валів. Призми забезпечуватимуть точне базування деталі. Для унеможливлення зсування деталі її необхідно підперти зі сторони, що знаходиться навпроти сторони обробки. Враховуючи це, можна використати наступну схему базування. Деталь позбавляється 5-ти ступенів волі. Подвійна напрямна база – зовнішня циліндрична поверхня деталі, позбавляє деталь 4-х ступенів волі (переміщення по осях z та у обертання по осях z та у). Опорна база – торець деталі, позбавляє деталь 1-ого ступеня волі (переміщення по осі x). Схема базування деталі наведена на рисунку 2.6. Зв'язки, що забезпечуються базами наведені в таблиці 2.11, в таблиці 2.12 наведена матриця зв'язків.

Таблиця 2.11 Зв'язки, забезпечувані базами

База	Забезпечені зв'язки	Позбавлені ступені волі
ПНБ	1,2,3,4	I, III, IV, VI
ОБ	5	II

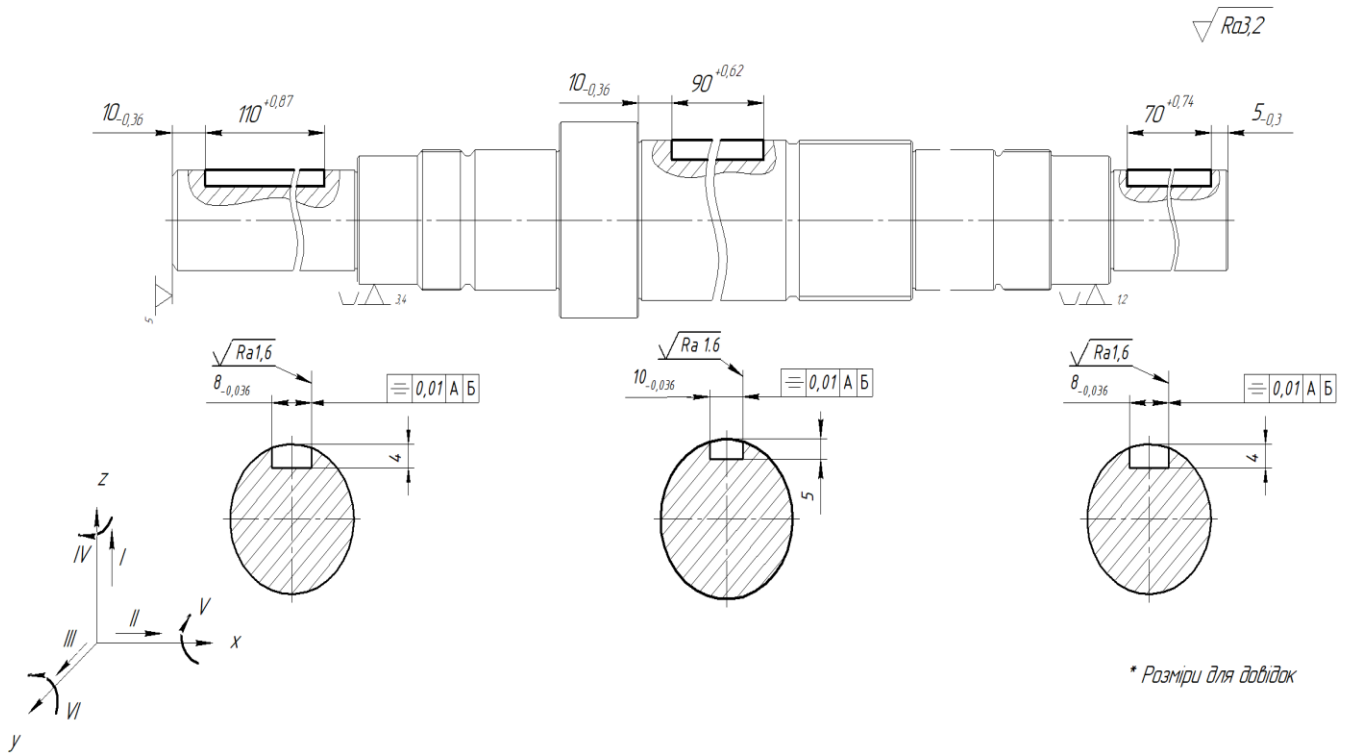


Рисунок 2.6 Схема базування деталі

Таблиця 2.12 - Матриця зв'язків

	X	Y	Z	
ПНБ	0	1	1	↔
	0	1	1	○
ОБ	1	0	0	↔
	0	0	0	○

В пристрій заготовка встановлюється на призму (подвійна напрямна база), та за допомогою упору в призму позбавляється 5-ого ступеню волі (опорна база).

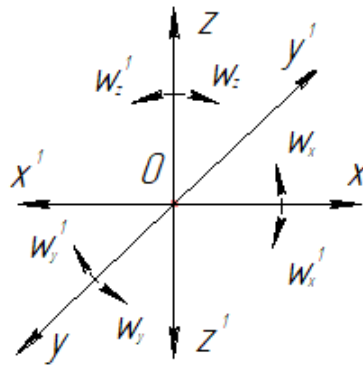


Рисунок 2.7 – Схема однобічних зв'язків, що покладають на заготовку (до таблиці 2.13)

Таблиця 2.13 – Таблиця односторонніх зв'язків

Індекс координати		x	x'	y	y'	z	z'	ω_x	ω'_x	ω_y	ω'_y	ω_z	ω'_z
Спосіб реалізац ії	Реакція	-	\bar{R}	\bar{R}	\bar{R}	-	\bar{R}	-	-	\bar{R}	\bar{R}	\bar{R}	\bar{R}
	Сила закріплення					P_z							
	Сила тертя							F	F				

На заготовку накладено 9-ь односторонніх зв'язків, із яких за координатами X та Z відбувається повний зв'язок, а за координатою Y – неповний, що обумовлено можливістю поворотів та односторонньому переміщенню заготовки. Щоб система стала врівноваженою за час обробки, треба позбавити заготовку можливого переміщення по координатам Y, ω_y , ω'_y . Для цього треба переміщення заготовки по координаті Y компенсувати силою закріплення, а можливість поворотів навколо координати Y компенсувати силами тертя F(p), які виникають від дії сили закріплення P (див. табл. 6.2).

Побудова функціональної структури пристрою

З набору функцій, що наведені в пункті 5, виділимо ті, які реалізуються на протязі оперативного часу: 0,1,2,5,6,7. Функції 3,4 впливають на підготовчо-заклучний час; функції 8,10 прямого впливу на штучний час не здійснює.

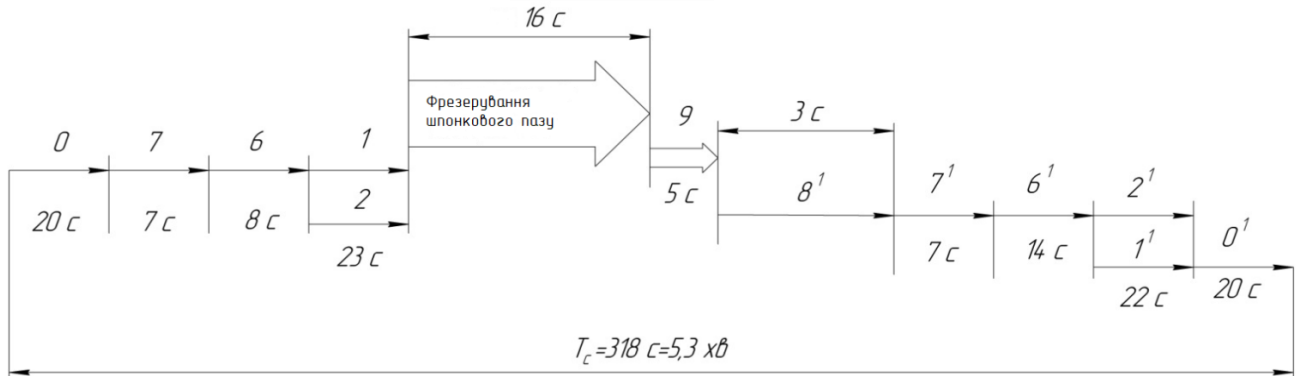


Рисунок 2.8 – Схема послідовної реалізації функцій

Функціональна структура пристрою представлена на рисунку 2.9.

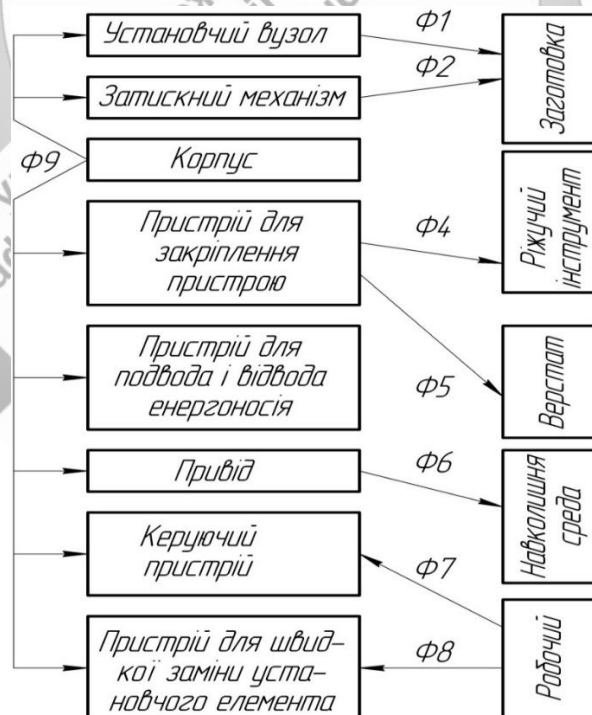


Рисунок 2.9– Функціональна структура проектованого пристрою

Розробка та обґрунтування схеми закріплення

Аналіз структури полів збурюючих сил

Аналіз структури полів збурюючих сил та структури полів зрівноважу вальних сил.

При обробки заготовки виникають сили різання, які є збурюючими і спромагаються зрушити її з встановленого місця у пристрої. За схемою базування, наведеною у розділі 7 пояснювальної записки, заготовка позбавлена п'яти ступенів вільності, які орієнтують її відносно інструмента (фрези), налагоджуваного на виконання розмірів паза згідно технічних вимог креслення. Для забезпечення постійності базування заготовки за час фрезерування чотирьох пазів треба розрахувати сили різання, які виникають при їх обробки. Розрахунок збурюючих сил – сил різання, наведений в додатку Б пояснювальної записки.

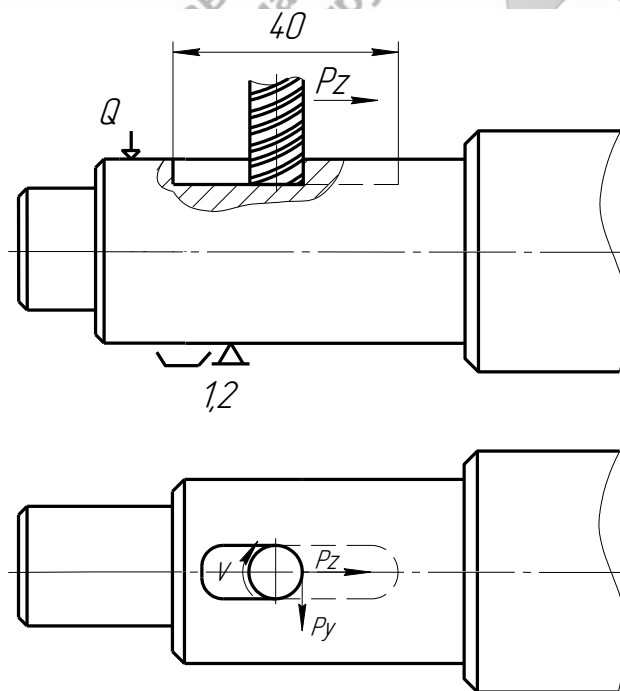


Рисунок 2.10. – Схема дії сил різання і закріплення при обробки паза 10Н9

На заготовку в процесі різання діють складові сили різання P_z , P_y . Основною складовою сили різання є сила P_z , котра при продольній подачі направлена вздовж осі заготовки та намагається зсунути заготовку відносно призм в вісьовому напрямку.

Силою P_y знехтуємо, оскільки вона врівноважується реакціями опор, а значить, більшого впливу не здійснює.

При обробці заготовки виникають сили різання, які спмагаються зрушити її з встановленого місця у пристрої. За схемою базування, наведеної у розділі 2 пояснювальної записки, заготовка розбавлена п'яти степенів вільності, які орієнтують її відносно інструмента (фрези), налагоджуваного на виконання розмірів паза згідно технічних вимог креслення.

Розрахунком режимів різання на операції 050 «Вертикально-фрезерна» були визначені чисельні дані складових елементів режимів при обробці пазу. Найбільш несприятливий режим різання виникає при обробці пазу шириною 8 мм

Аналіз структури полів зрівноважу вальних сил

При обробці заготовки виникають сили різання, які спмагаються зрушити її з встановленого місця у пристрої. За схемою базування, наведеної у розділі 2 пояснювальної записки, заготовка розбавлена п'яти степенів вільності, які орієнтують її відносно інструмента (фрези), налагоджуваного на виконання розмірів паза згідно технічних вимог креслення.

Розрахунком режимів різання на операції операції 050 «Вертикально-фрезерна» були визначені чисельні дані складових елементів режимів при обробці пазу. Найбільш несприятливий режим різання виникає при обробці пазу шириною 10(0,009) мм

Розрахунок сил затиску

Сила P_z намагається зсунути заготовку в вісьовому напрямку, а значить необхідно розрахувати силу затиску, котра протидіятиме цьому зсуву.

З урахуванням вищесказаного силу закріплення заготовки можна розрахувати за - для циліндричної заготовки діаметром бази D встановленої в призмі та навантаженої крутним моментом сила закріплення P_3 визначається за формулою:

$$P_3 = \frac{k \cdot R}{f_{оп} + f_{зм}}$$

де K - коефіцієнт запасу;
 $R=Pz$ - сила різання, Н·м;
 D - діаметр заготовки, $D=0,032$ м;
 $f_{оп}, f_{зм}$ - коефіцієнти тертя відповідно в місцях контакту заготовки з опорами і затискними елементами, по [2] с.85, таблиця 10 при контакті обробленої заготовки з опорами і затискними елементами пристосування $f_{оп} = f_{зм} = 0,16$.

Коефіцієнт запасу K вводять в формули при обчисленні сили P_3 для забезпечення надійного закріплення заготовки, по [2] с.85:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6$$

K_0 - коефіцієнт гарантованого запасу, $K_0 = 1,5$;
 K_1 - коефіцієнт, враховуючий збільшення сил різання через випадкові нерівності на оброблюваних поверхнях, $K_1 = 1,2$;
 K_2 - коефіцієнт, що характеризує збільшення сил різання внаслідок затуплення різального інструменту, по [2] с.84, таблиця 9
 $K_2 = 1,2$;
 K_3 - коефіцієнт, враховуючий збільшення сил різання при переривчастому різанні, $K_3 = 1,0$;

K_4 - коефіцієнт, що характеризує постійність сили закріплення, при використанні пневмоциліндру подвійної дії $K_4 = 1,2$;

K_5 - коефіцієнт, що характеризує ергономіку ручних затискних механізмів, $K_5 = 1,0$;

K_6 - коефіцієнт враховують тільки за наявності моментів, що прагнуть повернути заготовку, $K_6 = 1,0$.

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 2,6$$

Крутний момент, діючий на заготовку при фрезеруванні, визначається за формулою:

$$M_{KP} = \frac{P_Z \cdot D_{\Phi P}}{2 \cdot 100}$$

де P_Z - головна складова сили різання при фрезеруванні - колова

P_Z - сила, Н;

діаметр фрези, $D_{\Phi P} = 10,0$ мм.

$D_{\Phi P}$ -

Головна складова сили різання при фрезеруванні визначається за формулою:

$$P_Z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot z}{D_{\Phi P}^q \cdot n^w} \cdot K_{MP},$$

C_p - коефіцієнт, по [9] с.291, таблиця 41 $C_p = 68,2$;

x, y, n, q, w - показники ступеню, по [9] с.291, таблиця 41 $x = 0,86$;

$y = 0,72$; $n = 1,0$; $q = 0,86$; $w = 0$;

t - глибина фрезерування, при фрезеруванні з маятниковою подачею $t = 1$ мм;

S_z - подача на один зуб при фрезеруванні, по [9] с.286, таблиця 38 $S_z = 0,06$ мм/зуб;

B - ширина фрезерування, при фрезеруванні з

маятниковою подачею $B = 10,0$;

z - число зубців фрези $z = 4,0$;

n - частота обертання шпинделя, $n = 400$ об/хв;

K_{MP} - поправочний коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу, 1,08.

Підставивши вибрані і розраховані значення в формулу (1.45), визначаємо головну складову сили різання при фрезеруванні:

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 1^{0,86} \cdot 0,06^{0,72} \cdot 10^1 \cdot 4}{10^{0,86} \cdot 400^0} \cdot 1,08 = 536,5 \text{ Н}$$

Підставивши вибрані і розраховані значення в формулу (1.44), визначаємо крутний момент, діючий на заготовку при фрезеруванні:

$$M_{KP} = \frac{536,5 \cdot 10}{2 \cdot 100} = 26,8 \text{ Н мм}$$

Підставивши вибрані і розраховані значення в формулу (1.42), визначаємо силу закріплення:

$$P_3 = \frac{2,6 \cdot 536,5}{0,16 + 0,16} = 4359 \text{ Н.}$$

Отже, необхідна сила затиску $P_3 = 4359$ Н.

Вибір та розрахунок силового приводу

Визначаємо передатне відношення механізму підсилення. Для даної схеми ричажних механізмів передатне відношення $i=1$.

$$Q = 2W \cdot i, (\text{Н})$$

де W - сила на штоці пневмоциліндра;

2 - кількість пневмоциліндрів.

Звідси виводимо формулу для визначення необхідної сили на штоці:

$$W = \frac{Q}{2i}, (\text{Н})$$

При даному передатному відношенні та силі затиску заготовки сила на штоці пневмоциліндра буде рівна:

$$W = \frac{4353}{2} = 2180 \text{ , (Н)}$$

Розрахунок силового приводу:

$$W = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot p \cdot \eta$$

де D - діаметр поршня пневмоциліндра;

$p = 0,4$ МПа – тиск стиснутого повітря;

$\eta = 0,9$ - ККД, враховуючий втрати в пневмоциліндрі.

Тоді діаметр поршня дорівнює:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot W}{\pi \cdot p \cdot \eta}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 2180}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,9}} = 87,83 \text{ мм.}$$

Діаметр пневмоциліндра округляється до найближчого більшого значення по ГОСТ 15608-81: $D=90$ (мм); діаметр штоку $d=30$ (мм). Визначаю дійсну силу з врахуванням округлення за формулою (48):

$$W_d = \frac{3,14}{3} \cdot 90^2 \cdot 0,4 \cdot 0,9 = 3052 \text{ (Н).}$$

Таким чином дійсна сила на штоці перевищує необхідну силу, відповідно пристрій забезпечує фіксоване положення деталі при обробці.

Обґрунтування вибору приводу

За даними літературного джерела силовими вузлами пристрою є пневматичні циліндри (нерухомі, хитні та обертові) та пневматичні камери. Останні мають вигляд силового вузла одnobічної або двобічної дії. Із двох видів силових вузлів пневматичних пристроїв беремо пневматичну камеру (мембранний пневматичний циліндр одnobічної дії). Цей вибір пневматичного приводу обумовлений наступним.

По перше, конструкція пневматичної камери є простішаю за конструкцією пневматичного циліндру. Мембрана відокремлює дві порожнини камери за рахунок властивостей матеріалу із якого вона виготовлена, а також змінює форму під дією стислого повітря (стає опуклою). В пневматичних циліндрах ці функції мембрани виконують ущільнювальні елементи. Останні встановлюються в кільцеві канавки поршня і зобов'язані відтворювати задану кресленням посадку поршня з циліндром. Виготовлення елементів конструкції ущільнювання поршня та їх складання у вузол є більш трудомістким процесом у порівнянні з виготовленням мембрани.

По друге, габаритні розміри пневматичної камери є значно меншими ніж розміри пневматичного циліндру, які розраховані на однакову величину сили затиснення.

По третє, строк служби пневматичної камери значно більший строку пневматичного циліндру. Пневматична камера допускає межу ремонтних (регламентних) робіт до одного мільйона рухів мембрани і пов'язаного з нею штока. Межа ремонтних робіт пневматичного циліндра з штоком значно менший і потребує додаткових (більш трудомістких) робіт пов'язаних із заміною ущільнювальних елементів конструкції виробу.

По четверте, виготовлені за існуючими нормативними документами пневматичні камери значно легше встановлюються в конструкцію верстатного пристрою і підключаються до мережі стислого повітря цеху. У цілому конструкція верстатного пристрою є значно компактною і простішою при її виготовленні та експлуатації.

Розрахунки пристрою на точність

Розрахункову похибку пристрою знаходимо за формулою [4, с.26]. Більшість складових, що входять у дану формулу, являють собою поля

розсіювання випадкових величин, тому їх підсумовуємо у загальному випадку за правилом геометричного додавання.

$$\varepsilon_{\text{пр}} = T - K_T \sqrt{(K_{T1} \cdot \varepsilon_6)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_{\text{п}}^2 + \varepsilon_{\text{зн}}^2 + (K_{T2} \cdot \omega)^2 + \varepsilon_{\text{поз}}^2}$$

Розглянемо більш докладно складові, що входять у дану формулу.

$T = 300$ мкм – найбільш жорсткий допуск розташування або розміру (з тих, які одержують на даній операції, а саме допуск на глибину пазу);

$K_T = 1,2$ - коефіцієнт що враховує можливий відступ окремих складових від нормального закону розподілу випадкових величин;

$K_{T1} = 0,80$ - коефіцієнт, що враховує деяке зменшення граничного значення похибки базування;

$\varepsilon_6 = 12$ мкм - похибка базування;

$\varepsilon_3 = 0$ мкм - похибка закріплення;

$\varepsilon_y = 0$ мкм - похибка установки пристрою на верстаті

$\varepsilon_{\text{п}} = 0$ - похибка перекосу інструмента (відсутні постійні або змінні напрямні втулки);

$\varepsilon_{\text{зн}} = 0$ – похибка зношування (при рівномірному зношуванні робочої поверхні оправки);

$K_{T2} = 0,6$ – коефіцієнт що враховує можливість появи похибки обробки;

$\omega = 20$ мкм - значення допуску для 6 квалітету середньої економічної точності фрезерування пазу для розміру 4 мм;

$\varepsilon_{\text{поз}} = 5$ мкм - похибка позиціонування (відповідно до паспорта верстата).

Тоді розрахункове значення похибки пристрою буде дорівнювати:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{\text{пр}} &= 300 - 1,2 \sqrt{(0,8 \cdot 12)^2 + 0^2 + 0^2 + 0^2 + 0^2 + (0,6 \cdot 20)^2 + 5^2} \\ &= 280,6 \text{ (мкм)}. \end{aligned}$$

З урахуванням стандартного ряду беремо допуск [10, с.108]

$$T = 0,320 \text{ мкм}$$

Опис та принцип дії пристрою

Пристрій в зборі повинен задовольняти технічні вимоги креслення загального вигляду та забезпечувати якісну обробку заготовки по заданим розмірам.

Експлуатація пристрою:

1. Встановити та закріпити на верстаті з урахуванням нульової точки верстата.
2. Підготувати базові поверхні до встановлення заготовки.
3. Встановити заготовку в призми з упором в торець.
4. Поворотом рукоятки розподільчого крана виконати закріплення заготовки.
5. Обрати заготовку.
6. Поворотом рукоятки розподільчого крана в зворотню сторону відкріпити заготовку.
7. Відтягнути прихвати та зняти заготовку

З пневмомережі повітря під тиском подається в без штокову полость, переміщає шток в верх. Таким чином здійснюється переміщення прихвата і він затискає заготівку. При відсутності тиску пружина тягне шток в низ і відбувається розтиск заготівки.

2.9 Проектування контрольно-вимірювального пристрою

Відповідно до завдання, необхідно спроектувати контрольно-вимірювальний пристрій (КВП) для контролю радіальних биттів циліндричних поверхонь $\varnothing 25h6$ «вала ведучого В500.49.25.05» щодо центрів деталі з

допуском $T_{\uparrow} = 0,01$ мм.

В даний час контроль радіальних биттів «вала ведучого» здійснюється альтернативними методами з використанням універсальних засобів, зокрема магнітних індикаторних стійок, що переміщуються по жорсткому центру токарного верстата і деталі, що формує шийці. Контроль радіального биття здійснюється за допомогою верстатів, розташованих у відділенні верстата від столу ВТК і не дає необхідної інформації про його стан, тому ні метод, ні засоби не вважаються прийнятними. Процес обробки та якість продукції. При цьому контроль кожного збивання шийі проводиться по черзі, при цьому суб'єктивні характеристики оператора істотно впливають на якість контролю, а похибка контролю може досягати 25 % [12].

Загалом контроль радіальних биттів «вала ведучого» не становить жодних проблем. Це з тим, що несоосність поверхні правильна і є добре розвинена і точна базова поверхня. Ви можете дотримуватись принципу поєднання заснованого на дизайні та на основі вимірювань.

Для поверхні $\varnothing 25h6$ допуск на радіальне биття в 0,01 мм відповідає 5-му ступеню точності згідно з СТ РЕВ 636-77 [2].

Продукція, що випускається, повинна відповідати останнім вимогам чинних стандартів і технічних умов відповідно до техніко-економічних показників. Такі вироби належать до першої категорії якості. Обмежимося третьою категорією управлінь [13]. Виробництво деталей такого технологічного класу налагоджено вже багато років і може вважатися добре налагодженим. Тому приймається нормальний режим контролю ГОСТ 20736-75 (СТ РЕВ 1672-79). Встановимо такі показники операції контролю: за обсягом – суцільний контроль; за часом – постійний; за структурою – одноразовий [13]. Виходячи з цього, спроектуємо нерозбірний спеціальний пристрій.

Радіальне биття поверхні обертання визначається сумарним відхиленням від циліндричності поверхні та відхиленням від співвісності щодо базової осі та

чисельно дорівнює різниці Δ найбільшої та найменшої відстані від точок реального профілю поверхні обертання до базової осі у перерізі площиною, перпендикулярної базової осі [2].

Виходячи з вищевказаних визначень, під час контролю радіальних биттів, останні визначатимемо за колами циліндричних поверхонь $\varnothing 25h6$ на відстані 3 мм від торців відповідних поверхонь деталі. Таким чином, за контрольовані поверхні приймаємо шийки з $\varnothing 25h6$. Визначимо параметри точності цих поверхонь.

Циліндричні поверхні $\varnothing 25h6$ виконані з точністю за IT6 та допусками: $T_{\varnothing 25h6} = 0,013$ мм, ГОСТ 25347-82 (СТ РЕВ 144-85) [2]. Номінал розміру – 25 мм. Верхнє відхилення $es = 0$ мм, нижнє відхилення – $ei = -0,013$ мм.

Точність форми керуючої поверхні креслення «вала ведучого» не визначено. Тому враховують відхилення від круглості циліндричної поверхні. У той же час ми також обговорюємо часткові відхилення від округлості в ограновуванні та овальній формі. Ми не застерігаємо допуск точності форми поверхні, тому приймаємо замовлення в межах допуску відповідного розміру.

У цьому випадку для нормальної відносної геометричної точності «А» допуск круглості становить 30% від допуску на розмір [2]:

$$T_O = 0,3 \cdot T_{\varnothing 30h6} = 0,3 \cdot 0,013 = 0,0039 \text{ мм,}$$

що відповідає найближчому стандартному допуску в 0,004 мм за 5-м ступенем точності згідно з СТ РЕВ 636-77 [2].

За точністю взаємного розташування поверхонь на кресленні «вала ведучого» обумовлено радіальні биття циліндричних поверхонь $\varnothing 25h6$ щодо центрів деталі з допуском $T_{\uparrow} = 0,01$ мм, що відповідає, як уже зазначалось 5-му ступеню точності (СТ РЕВ 636-77) [2].

Шорсткість контрольованих поверхонь – 0,4 мкм за критерієм Ra ГОСТ 2789-73, що відповідає точності поверхонь, що розглядаються.

Контроль заданих параметрів здійснюється після завершення механічної обробки «вала ведучого» на столі ВТК. Деталь за своїми конструктивними особливостями відноситься до тіл обертання, за технологічними – до класу валів. Маса деталі – 3,4 кг. «Вал-шестерня» виготовляється з високоякісної високолегованої сталі 40Х ГОСТ 5632-72.

З усього набору поверхонь, що становлять деталь, центральний отвір може претендувати на роль основного, для якого заданий контроль радіального биття. Цей вибір, ймовірно, буде поєднувати в собі дизайн та основи вимірювання щодо контролю конкретного параметра.

Аналізуючи точнісні параметри центральних отворів, слід зазначити, що їхня робоча поверхня виконана під кутом 60° і має шорсткість 0,4 мкм за нормою Ra ГОСТ 2789-73. Тому можна зробити висновок про їхню придатність на роль базової поверхні.

На малюнку 2.8 представлено схему базування контрольованої деталі. З малюнка 2.8 видно, що в даному випадку, при базуванні «вала ведучого» в жорстких центрах реалізується подвійна напрямна база, що позбавляє деталь двох поступальних і двох обертальних переміщень вздовж і навколо осей Z та Y при горизонтальному розміщенні осі деталі (вісь X), а також опорна база, що позбавляє деталь ще одного переміщення (всього п'яти) вздовж осі X. Вакантним залишається обертання навколо осі X.

Якщо тепер побудуємо таблицю жорстких односторонніх координатних зв'язків (таблиця 2.6), то побачимо, що за такої схеми базування деталь позбавлена 10 односторонніх зв'язків ($x, x', y, y', z, z', \omega_z, \omega'_z, \omega_y, \omega'_y$) й залишилося тільки чотири з них (ω_x, ω'_x). Оскільки обрана схема базування дозволила поєднати конструкторську та вимірювальну бази для параметрів, що вимірюються,

то

$$\varepsilon_{\delta} \uparrow = 0.$$

Таблиця 2.14

Характер зв'язку	Індекс односторонньої координати											
	x	x'	y	y'	z	z'	ω_x ,	ω'_x	ω_y	ω'_y	ω_z	ω'_z
Реакція опори	R	R	R	R	R	R			R	R	R	R

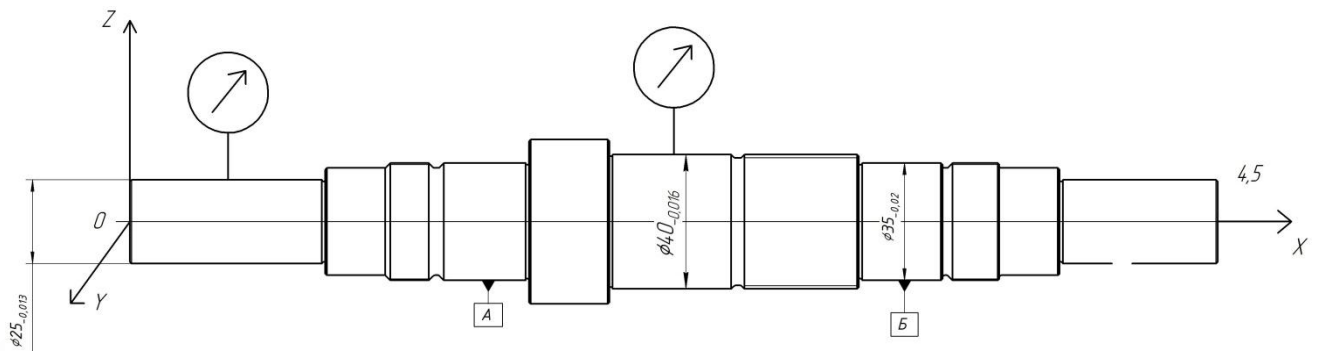


Рисунок 2.11 – Схема базування та контролю деталі

У процесі контролю радіальних биттів поверхонь «вала ведучого» вісь деталі розташовуватимемо горизонтально, базуючи деталь у жорстких центрах. У цьому випадку правому центру необхідно передати незначне зусилля закріплення вздовж осі деталі.

Контроль заданого параметра буде проводитись на столі ВТК, розташованому поруч із механічною дільницею. Температура у робочій зоні – $t = 20^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{C}$; відносна вологість повітря – $\varphi_{\text{н}} = 80\%$; атмосферний тиск – $P_{\text{ат}} = 86\text{--}106 \text{ кПа}$; швидкість руху повітря – $v_{\text{в}} \leq 0,5 \text{ м/с}$; частота вібрацій, що викликана верстатами $f = 20\text{--}30 \text{ Гц}$. Основним фактором, що визначає працездатність, є освітленість. Тому наряду із загальним передбачається місцеве освітлення

$$E_{\text{ф}} = 1000 \text{ люкс [13].}$$

Тепер зробимо вибір методів контролю.

З можливих альтернатив прямого і непрямого методу віддаємо перевагу прямому, оскільки його простіше зробити при контролі радіальних биттів контрольованих поверхонь «вала ведучого». При цьому немає необхідності в перерахунку контрольованого параметра і точність, що отримується, цілком достатня для контрольованого допуску.

При виборі контактного або безконтактного способів віддаємо перевагу контактному способу. Це зумовлено тим, що характеристики міцності матеріалу деталі є високими і контрольовані поверхні без деформацій і змінання можуть сприйняти значне вимірювальне зусилля. При цьому вимірювальне зусилля сприятиме видаленню бруду та сторонніх тіл з місця вимірювання.

Для забезпечення точкового контакту приймаємо наконечник сферичної форми з радіусом щонайменше 5 мм.

Враховуючи значну твердість контрольованої поверхні, геометричні параметри наконечника, орієнтовно призначаємо вимірювальне зусилля 5 Н. У цьому випадку очікувана похибка від вимірювального зусилля визначається за формулою:

$$\Delta_{\text{зус}} = 0,43 \cdot K \sqrt[3]{\frac{P_{\text{зус}}^2}{r}} = 0,43 \cdot 0,81 \sqrt[3]{\frac{5^2}{5}} = 0,6 \text{ мкм} .$$

де $\Delta_{\text{зус}}$ – величина похибки за рахунок контактної деформації, мкм;

K – коефіцієнт, що залежить від матеріалу наконечника. При твердому сплаві $K = 0,81$;

$P_{\text{зус}}$ – вимірювальне зусилля, Н;

r – радіус сфери наконечника, мм;

Деталь контролюється при повороті на 360° , що притаманно динамічному методу контролю.

З двох можливих методів – абсолютного і відносного – кращий другий (відносний), так як він надає більш широкі можливості для різних конструктивних рішень, що дозволяє здійснити більш точні вимірювання.

Налаштування КВП проводитиметься по контрольованих поверхнях без використання еталона.

КВП повинен мати шкальний відліковий пристрій, який забезпечує достатню точність відліку без надмірного напруження зору.

Приймаємо механічний принцип перетворення вимірювальної інформації. Це рішення зумовлено значною мірою контактним методом контролю. На його користь говорить великий арсенал технічних засобів, що пройшли багаторічну апробацію на точність та надійність роботи на робочих місцях контролерів ВТК.

Вибір засобу вимірювання почнемо з визначення оптимальних метрологічних, експлуатаційних та надійних характеристик, якими повинен мати ЗВ.

Сумарна похибка вимірювання КВП, що допускається, знаходиться як частина допуску ІТ контрольованого параметра, зокрема, радіального биття контрольованих поверхонь:

$$[\delta_{\text{вим}}] = K \cdot \text{ІТ},$$

де K – коефіцієнт, що залежить від якості або ступеня точності контрольованого параметра й може приймати значення в межах від 0,2 до 0,35.

Для 5-го ступеня точності беремо $K = 0,35$ [13]. Маємо:

$$[\delta_{\text{вим}}] = 0,35 \cdot 10 = 3,5 \text{ мкм.}$$

Визначимо допустиму похибку засобу вимірювання (інструментальну

похибку) контролю радіального биття:

$$[\Delta_{\text{ин}}] = 0,7 \cdot [\delta_{\text{вим}}],$$

$$[\Delta_{\text{ин}}] = 0,7 \cdot 3,5 = 2,45 \text{ мкм.}$$

Ціна поділки ЗВ розраховується залежно від величини допустимої інструментальної похибки ЗВ:

$$[C] = [\Delta_{\text{ин}}] = 2 \text{ мкм.}$$

Інтервал розділення шкали $[a]$ беремо 1,0 мм, оскільки менша відстань між сусідніми штрихами шкали може утруднити зчитування показань ЗВ. Тут необхідно враховувати умови, в яких працюватиме КВП, і насамперед освітленість.

Межа вимірювання за шкалою $[A]$ повинна перевищувати допуск ІТ, щоб зняття показань не викликало труднощів. Приймаємо:

$$[A] = 4 \cdot \text{ІТ} = 4 \cdot 10 = 40 \text{ мкм.}$$

Межа вимірювання засобу вимірювання (діапазон вимірювань) визначається умовами експлуатації. Приймаємо $[B] = 0,1 \text{ мм.}$

Вимірювальне зусилля $[P_{\text{зус}}]$ обумовлюється характером контрольованих поверхонь під час вимірювання і жорсткістю контрольованої поверхні, величиною допуску параметра, що вимірюється. Значення вимірювального зусилля прийнято раніше. Оскільки обмеження з його величини відсутні, приймаємо $[P_{\text{зус}}] = 5 \text{ Н.}$

Допустиме коливання вимірювального зусилля обумовлюємо величиною

$$[\Delta P_{\text{зус}}] = 1 \text{ Н.}$$

Основним нормованим показником надійності ЗВ є напрацювання $t(P)$ до першої відмови при ймовірності безвідмовної роботи P . Відповідно до РД 50-650-87 обмовимо кількість циклів вимірювань, що забезпечує задану кількість контрольних операцій:

$$[t(P)] = 2000 \cdot 4 = 8000 \text{ циклів.}$$

Ймовірність безвідмовної роботи поставимо $[P] = 0,85$, виходячи з можливостей вимірювальних засобів, що випускаються інструментальною галуззю машинобудування.

Згідно з цінами на контрольно-вимірювальні засоби вітчизняного та імпорного виробництва, встановимо витрати на придбання ЗВ: $[Ц] = 1600$ грн.

Після того, як стали відомі допустимі значення за метрологічними, експлуатаційними та надійними показниками, можна приступити до пошуку ЗВ. Прийнятним вважається ЗВ, значення характеристик якого перебувають у такому співвідношенні з допустимими:

$$\begin{aligned} \Delta_{\text{ін}} &\leq [\Delta_{\text{ін}}]; & P_{\text{зус}} &\leq [P_{\text{зус}}]; & c &\leq [c]; & A &\geq [A]; \\ a &\geq [a]; & B &\geq [B]; & P &\geq [P]; & \Delta P &\leq [\Delta P]; \\ t(P) &\geq [t(P)]; & Ц &\leq [Ц]. \end{aligned}$$

Пошук здійснюємо відповідно до паспортів та таблиць технічних характеристик важільно-зубчастих та інших вимірювальних головок. Виходячи з перерахованих вище допустимих метрологічних характеристик ЗВ вибираємо індикатор 14.10801 фірми ТЕЗА.

Індикатор ТЕЗА 14.10801 має такі метрологічні характеристики:

- ціна поділки шкали – 1 мкм;
- модель (номінальний діаметр циферблата) – Ø80;
- діапазон індикації – 1 мм;
- відстань між штрихами шкали – 2 мм;
- вимірювальне зусилля – 1,5 Н;
- похибка вимірювального зусилля за рахунок реверсивності – 0,4 Н;
- діапазон загальної похибки – 2 мкм максимум;
- повторюваність, поле розсіювання (± 2 с) – 0,5 мкм максимум;
- похибка за рахунок реверсивності, поле розсіювання (± 2 с) – 0,5 мкм максимум.

Зіставивши ці значення з допустимими, приходимо до висновку, що задані умови точності, надійності та економічності дотримуються:

$$\Delta_{iH} = 0,002 \text{ мм} < 0,00245 \text{ мм} = [\Delta_{iH}]; \quad C = 0,001 < 0,002 = [C];$$

$$a = 2,0 \text{ мм} > 1,0 \text{ мм} = [a]; \quad A = 0,5 \text{ мм} > 0,04 \text{ мм} = [A];$$

$$P_{зус} = 1,5 \text{ Н} < 5 \text{ Н} = [P_{зус}]; \quad \Delta P = 0,4 \text{ Н} < 1,0 \text{ Н} = [\Delta P];$$

$$B = 1,0 \text{ мм} > 0,1 \text{ мм} = [B]; \quad P = 0,9 > 0,85 = [P];$$

$$t(P) = 100000 > 8000 = [t(P)]; \quad Ц = 1400 \text{ грн} < 1600 \text{ грн} = [Ц].$$

Інші ЗВ мають надмірну точність і меншу надійність. Тому для нашого КВП найбільш підходящим вважаємо індикатор ТЕЗА 14.10801.

На малюнку 2.9 представлено кінематичну схему проектованого КВП.

Тепер визначимо фактичну сумарну похибку КВП.

При контролі радіальних биття контрольованих поверхонь "вал-шестірні"

сумарну фактичну похибку КВП можна визначити за формулою:

$$\varepsilon_{КВП} = \sqrt{\varepsilon^2 + \Delta_{\delta}^2 + \Delta_e^2 + \Delta_{ін}^2 + \Delta_t^2 + \Delta_{зус}^2},$$

де ε – похибка положення контрольованої деталі у пристосуванні.

Вона визначається за формулою:

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{пр}^2},$$

ε_{δ} – похибка базування. У нашому випадку для базування в центрах під час контролю радіального биття вона дорівнює нулю;

ε_3 – похибка закріплення. Оскільки для закріплення деталі використовуємо жорсткі центри з незначним зусиллям закріплення, похибка закріплення як така відсутня;

$\varepsilon_{пр}$ – неточність виготовлення елементів пристосування, що беруть участь у формуванні розмірного ланцюга. У нашому випадку на контроль заданих параметрів це ніяк не впливає;

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{пр}^2} = \sqrt{0^2 + 0^2 + 0^2} = 0 \text{ мкм},$$

Δ_b – похибка передаточного пристрою. Оскільки в конструкції нашого КВП передаточні пристрої відсутні, беремо $\Delta_b = 0$;

Δ_e – похибка виготовлення еталонної деталі. Оскільки для контролю заданих параметрів еталон не потрібний, беремо $\Delta_e = 0$;

$\Delta_{ін}$ – похибка вибраного засобу вимірювання, $\Delta_{ін} = 2$ мкм;

$\Delta_{зус}$ – похибка, що викликана вимірювальними зусиллями за рахунок контактної деформації поверхні деталі дорівнює:

$$\Delta_{зус} = 0,43 \cdot 0,81^3 \sqrt{\frac{1,5^2}{5}} = 0,27 \text{ мкм}.$$

Δ_t – похибка, спричинена зміною температури навколишнього

середовища. Оскільки контроль здійснюється на столі ВТК, після вирівнювання температур контрольованої деталі та КВП, беремо $\Delta_t = 0$.

У результаті, підставивши знайдені значення елементарних похибок, отримаємо:

$$\varepsilon_{КВП} = \sqrt{0^2 + 0^2 + 0^2 + 2^2 + 0,27^2 + 0^2} = 2,02 \text{ мкм} < 3,5 \text{ мкм} = [\delta_{\text{вим}}],$$

отже, спроектований КВП з контролю радіальних биттів є працездатним.

Будова та принцип дії КВП.

Розроблений КВП складається з литої пластини 4, на кінцях якої за допомогою 8 гвинтів 5 і 4 штифтів 7 прикріплені і закріплені відповідно передня і задня головки пристрою з передньою центральною 3 і задньою центральною 2 штоками. Два набори індикаторних стійок 1 закріплені в середині пластини 4 за допомогою двох комплектів гвинтів 5 і двох комплектів штифтів 7, на яких закріплені індикатори 6.

Розроблені пристрої працюють таким чином. Через жорсткі задні 2 та передні 3 центральні отвори пристрою встановлюють керовану «ведучого валу», повертаючи та натискаючи на праву центральну 2 ручку задньої передньої бабки. Потім перемістіть вимірювальний наконечник індикатора 6 на контрольну поверхню $\varnothing 25h6$ і, повернувши деталь на 360° , різниця між максимальним і мінімальним показаннями кожного індикатора дає значення розряду радіуса контрольної поверхні. «ведучий вал».

3 НАУКОВЕ ДОСЛІДЖЕННЯ. ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТОРЦЕВИХ ФРЕЗ З ЦИЛІНДРИЧНИМИ РІЗАЛЬНИМИ ВСТАВКАМИ

3.1 Розроблення нової конструкції торцевої збірної фрези

На фрезерно-центрувальних операціях використовують торцеві фрези. З метою підвищення жорсткості та надійності вузла кріплення різальної вставки інструмента було запропоновано нову конструкцію торцевої збірної фрези.

Запропонована конструкція торцевої збірної фрези розглядається згідно з матеріалами заявки на отримання патенту на корисну модель «Торцева збірна фреза».

Корисну модель відносять до обробки матеріалів різанням, її можна використати при проектуванні торцевих збірних фрез.

Відомий різальний інструмент (торцева збірна фреза), що містить корпус з отворами, циліндричні різальні вставки, які встановлені в цих отворах і закріплені за допомогою кріпильних гвинтів, що мають співвісну циліндричну ділянку, призначену для входження в радіальний отвір різальної вставки (див. патент України на корисну модель № 22694 U Україна, МПК (2006) B23C 5/00, 25.04.2007) [18].

Недоліком відомої конструкції збірної торцевої фрези є недостатня надійність вузла кріплення різальної вставки у корпусі збірної фрези, оскільки діаметр співвісної циліндричної ділянки кріпильного гвинта є досить малим. Такий вузол кріплення має недостатню міцність та жорсткість, тому він не може витримати підвищених навантажень від сил різання, а це призводить до зниження надійності всього інструмента в цілому.

Найбільш близьким до запропонованої корисної моделі за технічною суттю та результатом, що досягається, і вибраним за прототип (найближчий аналог) є різальний інструмент (торцева збірна фреза), що містить корпус з

отворами, циліндричні різальні вставки з напрямними лисками, які встановлені в цих отворах і закріплені за допомогою кріпильних гвинтів, останні розташовані в нарізних отворах, виконаних в корпусі, осі яких розміщені в площині осі отворів під різальні вставки та перпендикулярні їй, і в кожній з різальних вставок також виконано радіальний отвір конічної форми, вісь якого перпендикулярна осі різальної вставки, а на торці кріпильного гвинта виконано конічну ділянку, що виступає, і призначену для входження у відповідний конічний отвір різальної вставки (див. патент України № 39857 U Україна, МПК (2009) B23C 5/00, 10.03.2009) [19].

Завдяки входженню конічної ділянки гвинта у відповідний конічний радіальний отвір різальної вставки без зазору стає більш високою точність положення різальної вставки відносно корпусу інструмента, підвищується якість роботи фрези.

Недоліком відомої конструкції торцевої збірної фрези є мала жорсткість та невисока надійність вузла кріплення різальної вставки в корпусі фрези, оскільки діаметральні розміри конічної ділянки гвинта є невеликими. Тому у разі дії на дану конічну ділянку гвинта значних сил різання, що виникають у процесі роботи збірної фрези, збільшується ймовірність руйнування вузла кріплення різальної вставки, тобто знижується надійність інструмента.

В основу корисної моделі поставлено задачу удосконалення вузла кріплення різальної вставки, що дозволить підвищити жорсткість та надійність вузла кріплення різальної вставки, що у свою чергу сприятиме підвищенню якості та продуктивності роботи торцевої збірної фрези.

Суть корисної моделі пояснюється кресленнями, де на Фіг. 1 показано осьовий переріз конструкції торцевої збірної фрези, на Фіг. 2 – розріз А-А на Фіг. 1, на Фіг. 3 – розріз Б-Б на Фіг. 1, на Фіг. 4 – 3D-модель конструкції торцевої збірної фрези з вирізаною чвертю (див. рис. 3.1 - 3.4).

Торцева збірна фреза виконана таким чином. Вона містить корпус 1, у циліндричних отворах 2 якого встановлені різальні вставки 3 з плоскими лисками 4 (див. рис. 3.1 - 3.4). Різальна вставка 3 закріплена гвинтами 5 і 6. Гвинт 6 має плоску торцеву поверхню 7. Торць гвинта 5 містить співвісну ділянку 8, що виступає і що має сферичну форму. Співвісна ділянка 8 гвинта 5 призначена для входження у відповідний сферичний радіальний отвір 9 різальної вставки 3.

Таким чином розроблена конструкція торцевої збірної фрези у порівнянні з існуючими завдяки геометричній формі сферичної ділянки кріпильного гвинта дозволяє підвищити міцність та жорсткість вузла кріплення різальної вставки, що забезпечує підвищення надійності всієї торцевої збірної фрези. При цьому забезпечується висока точність позиціонування різальної вставки уздовж осі отвору в корпусі інструмента, чим зменшується биття різальних кромek різальної вставки та підвищується якість роботи фрези.

Формула корисної моделі:

Торцева збірна фреза, що містить корпус з отворами, циліндричні різальні вставки з напрямними лисками, які встановлені в цих отворах і закріплені за допомогою кріпильних гвинтів, останні розташовані в нарізних отворах, виконаних в корпусі, осі яких розміщені в площині осі отворів під різальні вставки та перпендикулярні їй, і в кожній з різальних вставок також виконаний радіальний отвір, а на торці кріпильного гвинта виконано співвісну ділянку, що виступає, призначену для входження в радіальний отвір різальної вставки, яка відрізняється тим, що радіальний отвір різальної вставки та відповідна ділянка кріпильного гвинта, що призначена для входження у даний в радіальний отвір, виконано сферичними.

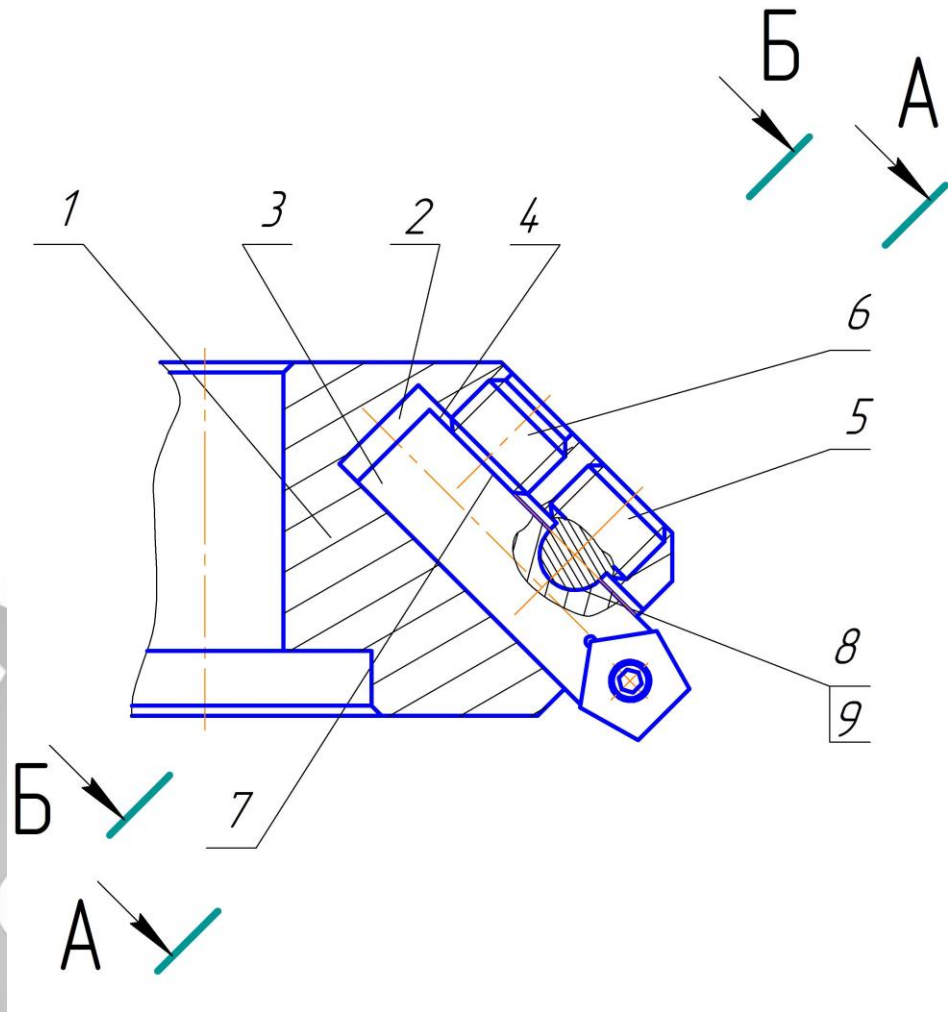


Рисунок 3.1 – Запропонована торцева збірна фреза (осьовий переріз)

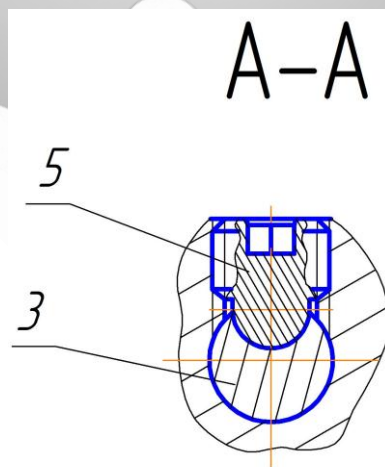


Рисунок 3.2 – Розріз А-А на рис. 3.1

Б-Б

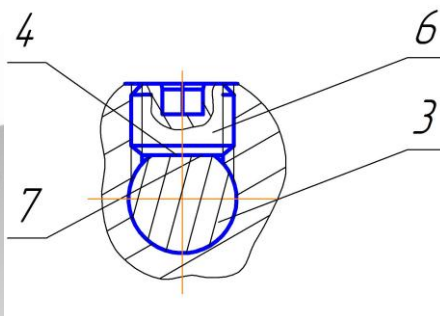


Рисунок 3.3 – Розріз Б-Б на рис. 3.1

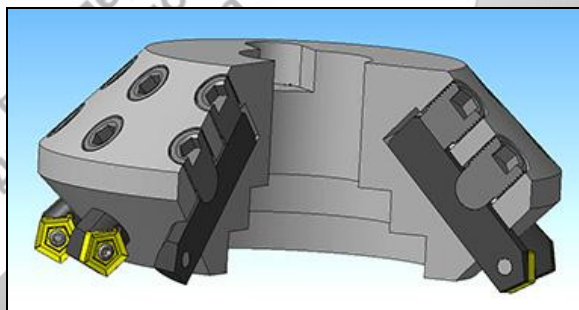


Рисунок 3.4 – 3D-модель торцевої збірної фрези з вирізаною чвертю

3.2 Дослідження деформацій та напружень запропонованої фрези та циліндричної різальної вставки

Проведемо дослідження деформацій та напруг запропонованої торцевої фрези в цілому та циліндричної різальної вставки за допомогою комп'ютерного моделювання.

Зазначені нагруження відповідають таким силовим навантаженням, які випробовують торцева фреза та різальні вставки під час їх роботи.

Запропонована конструкція торцевої збірної фрези дозволяє підвищити жорсткість та надійність кріплення різальних вставок. Це в свою чергу передбачає підвищення якості роботи фрези, що, однак, можливо лише за умови достатньої жорсткості як всього інструменту, так і його складових частин.

Для того, щоб підтвердити це теоретичне положення, зробимо дослідження можливих деформацій та напруг елементів розробленої торцевої збірної фрези та циліндричних різальних вставок за допомогою комп'ютерного моделювання.

Були визначені значення деформацій та напруг шляхом моделювання впливу сил різання на вставку в програмі «Ansys». Величину сили різання, що діє на одну різальну вставку, беремо величиною $P_z=200$ Н. Це є середнім значенням величини сили, що було розраховано за допомогою відомих формул для знаходження режимів різання при фрезеруванні.

Результати досліджень для дії сили $P_z=200$ Н (на кожну з різальних вставок у фрезі) наведені на рисунках 3.5 – 3.8.

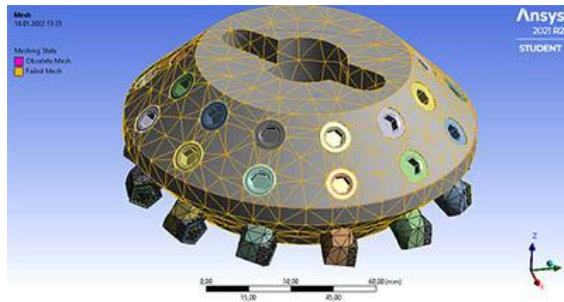


Рисунок 3.5 – Побудова сітки для досліджень торцевої збірної фрези

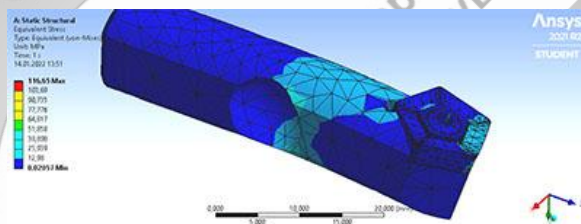


Рисунок 3.6 – Дослідження 1 (напруги в різальній вставці фрези)
при силі $P_z=200$ Н

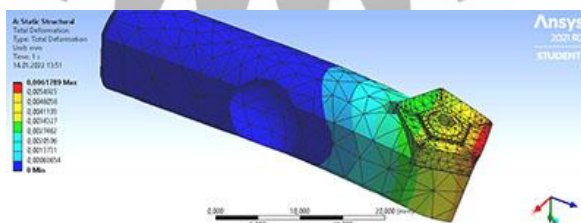


Рисунок 3.7 – Дослідження 1 (деформації в різальній вставці фрези)
при силі $P_z=200$ Н

Як видно з наведених досліджень, найбільші деформації кромки різальних вставок в торцевій збірній фрезі не перевищують 0,006 мм, тобто величини порядку 10^{-3} мм, що набагато менше значень (10^{-1} - 10^{-2} мм), які б теоретично могли негативно вплинути на надійність закріплення та якість і продуктивність оброблення.

Можна зробити висновок, що запропонована конструкція торцевої збірної фрези дозволяє мати достатні міцність, жорсткість та надійність вузла кріплення циліндричної різальної вставки. Це дає можливість підвищувати режими різання та, відповідно, підвищувати продуктивності роботи, а також забезпечити необхідну якість оброблення.

Висновки за розділом.

1. Наявність конструктивної можливості входження сферичної ділянки гвинта у відповідний сферичний радіальний отвір вставки під час закріплення різальної вставки дозволяє підвищити надійність закріплення різальної вставки в корпусі торцевої збірної фрези; це є запобіжним заходом для захисту працюючого персоналу від випадкового розкріплення вставки в процесі фрезерування.

2. Розроблена конструкція торцевої фрези забезпечує високу точність позиціонування циліндричної різальної вставки уздовж осі отвору в корпусі. Завдяки цьому зменшується биття різальних кромки циліндричної різальної вставки, що підвищує якість роботи торцевої збірної фрези та збільшує період стійкості інструмента.

3. Дослідження деформацій та напруг комп'ютерним моделюванням в програмі «Ansys» показало, що запропоновані конструкції торцевої збірної фрези та циліндричної різальної вставки мають достатню міцність та

жорсткість. Завдяки цьому з'являється можливість підвищення режимів різання і, відповідно, підвищення продуктивності праці.



ВИСНОВКИ

В наведеній випускній роботі магістра проведено аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення деталі «Вал ведучий B500.49.25.05», а також аналіз службового призначення виробу – пакеторобної машини серії «HM-800GPC/HM-800GPW». Проведено аналіз технічних вимог та технологічності конструкції вала ведучого B500.49.25.05, обґрунтовано вибір способу одержання заготовки – штампування на КГШП. Також проведено аналіз правильності вибору металорізальних верстатів, верстатних пристроїв та іншого технологічного оснащення, обґрунтовано схеми базування – для технологічних операцій 030 «Токарна з ЧПК» та 050 «Вертикально-фрезерна». Визначено тип виробництва (середньосерійний), а також припуски та допуски на обробку $\varnothing 40h6$. Проведено розрахунок режимів різання, технічне нормування.

Розроблений технологічний процес є більш прогресивним порівняно з існуючим завдяки зменшенню припусків на оброблення (маємо точніший метод отримання заготовки), завдяки розробленим двом конструкціям пристроїв - верстатного, а також контрольно-вимірювального.

Робота містить питання з розділу охорони праці та безпеки життєдіяльності.

Графічна частина роботи містить креслення: креслення заготовки, креслення маршруту обробки, креслення операційного налагодження, складальне креслення верстатного пристрою, складальне креслення контрольно-вимірювального пристрою.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1 Методичні вказівки до виконання магістерської роботи для студентів спеціальності 8.05050202 «Технологія машинобудування» / укл.: Д.В. Криворучко, В.Г. Євтухов. – Суми: СумДУ, 2012. – 64 с.

2 Справочник технолога-машиностроителя. 2 тома. Т2 / Под ред. Р.К. Мещерякова и А.Г.Косиловой. – М.: Машиностроение, 1987. – 498 с.

3 Обработка металлов резанием (справочник технолога). Под общ. редакц. А.А. Панова. – М.: Машиностроение, 1989. – 734 с.

4 Руденко П.О. и др. Проектирование и производство заготовок в машиностроении: Уч. пособ. / Под общей ред. В.М. Плескача. – Киев: Вища шк., 1992. – 249 с.

5 Методичні вказівки до виконання розділу «Аналіз службового призначення виробів» у випускній роботі бакалаврів, курсових проектах зі спеціальностей та диплом. проектах: для студ. спец.: 6.090202, 6.090204, 6.090522, 7.090202 усіх форм навчання / укл.: О.О. Топоров. – Суми : СумДУ, 2001. – 25 с.

6 Метод. вказівки до оформлення док-ції при виконанні курс. робіт, розрахунково-граф. робіт та курсових і дипломних проектів з технології машинобудування для студ. за напрямами підготовки: 6.050502 «Інженерна механіка» спец. 7.090202 «Технології машинобудування» для усіх форм навчання: 2 частини. – Частина 1./ укл.: В.О.Іванов, В. Г. Євтухов.–Суми: СумДУ, 2012.– 59с.

7 Боровик А. І. Технологічна оснастка механоскладального виробництва. – Київ: Кондор, 2009 – 7256 с.

8 Метод. вказівки до оформлення док-ції при виконанні курс. робіт, розрахунково-граф. робіт та курсових і дипломних проектів з технології машинобудування для студ. за напрямами підготовки: 6.050502 «Інженерна механіка» спец. 7.090202 «Технології машинобудування» для усіх форм навчання:

2 частини. – Частина 2. Оформлення технологіч. док-ції / укл.: В.О. Іванов, В. Г. Євтухов.– Суми: СумДУ, 2011.– 57 с.

9 Методичні вказівки до практичних занять з курсу “Технологічна оснастка” / Укл.: П.В. Кушніров. – Суми: СумДУ, 2009. – Ч. 1. – 52с.

10 Метод. указания к выполнению контрольной работы по проектированию станочных приспособлений / Сост.: Г.С.Чумаков.– Сумы: изд-во СумГУ, 1997.– 34 с.

11 Приходько В.Н., Літвин О.А. Проектування оснащення роботів, верстатів і машин: Навчальн. посібник – Київ: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2019. – 214 с.

12 Гевко Б.М., Дичковський М.Г., Матвійчук О.В. Технологічна оснастка. Контрольні пристрої. – Київ: Кондор, 2009. – 224 с.

13 Внуков Ю. М., Залога В. О. Зношування та стійкість ріжучих лезових інструментів: навч. посібн., Суми: СумДУ, 2011.

14 Функціональний підхід при проектуванні верстатних пристроїв / П.В. Кушніров, А.В. Євтухов, Д.Ю. Макаренко, О.О. Бойко // Технології ХХІ сторіччя: Збірник тез за матеріалами 27-ої міжнародної науково-практичної конференції (24-26 листопада 2021 р.). Ч.1. – Суми: СНАУ, 2021.– С. 172-173.

15 Дичковський М.Г. Спеціальна технологічна оснастка: навч. посіб. Тернопіль: ТНТУ, 2014. 243 с.

16 Методичні вказівки до практичної роботи «Автоматизований розрахунок параметрів пневмо- та гідروприводів верстатних пристроїв» з курсу «Технологічна оснастка» для студентів спеціальності 7.090202 усіх форм навчання.- Суми: Вид-во СумДУ, 2003. – 31 с.

17 Кушніров П.В., Євтухов А.В., Дегтярьов І.М. Технологічна оснастка [Електронний ресурс]: навч. посіб. Суми : СумДУ, 2020. - 140 с.
<https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/81842>

18 Пат. 22694 U Україна, МПК (2006) B23C 5/00. Різальний інструмент / С.М.Хвостик та ін.; заявник та патентовласник Сумський держ. ун-т. – №u200613179; заявл. 13. 12. 2006; опубл. 25. 04. 2007, Бюл. №5.

19 Пат. 39857 U Україна, МПК (2009) B23C 5/00. Різальний інструмент/ А.І.Фесенко та ін.; заявник та патентовласник Сумський держ. ун-т. – №u2008 13173; заявл. 13.11.2008; опубл. 10.03.2009, Бюл. №5.

20 Общемашиностроительные нормативы времени работ, выполняемых на металлорежущих станках с ЧПУ. – М.: издательство НИИ труда, 1989. – 249 с.

21 Сигорский, В.П. Математический аппарат инженера / В.П. Сигорский. - К.: Техніка, 1975.- 768 с.

22 Петров О.В., Сухоруков С.І. Технологічна оснастка: навч. посіб. - Вінниця: ВНТУ, 2018. - 123 с.

23 Підвищення жорсткості технологічної оснастки для оброблення площин заготовок / Б.С. Басов, П.В. Кушніров // Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем (КЗЯТПС – 2022): матеріали тез доповідей XII Міжнародної науково-практичної конференції (м. Чернігів, 26–27 травня 2022 р.): у 2 т. / Національний університет «Чернігівська політехніка» [та ін.]; відп. за вип.: Єрошенко Андрій Михайлович [та ін.]. – Чернігів: НУ «Чернігівська політехніка», 2022. – Т. 1. – С. 66.

24 Застосування евристичних прийомів при проектуванні верстатних пристроїв / Д. Р. Коба // Сучасні технології у промисловому виробництві: матеріали та програма VIII Всеукраїнської науково-технічної конференції (м. Суми, 20–23квітня 2021р.) / редкол.: О. Г. Гусак, І. В. Павленко. – Суми : Сумський державний університет, 2021. – С. 39.

25 Дослідження точності настроювання різальних вставок торцевих фрез у спеціальному пристрої / Є.А. Шевченко, А.М.Щербаченко // Технології XXI сторіччя: Збірник тез за матеріалами 27-ої міжнародної науково-практичної конференції (24-26 листопада 2021 р.). Ч.1. – Суми: СНАУ, 2021.– С. 170-171.

26 5125 Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи з дисципліни "Основи конструювання контрольно-вимірювальних пристроїв" :

для студ. спец. 131 "Прикладна механіка" (ОПП "Технології машинобудування") усіх форм навчання.- Суми : СумДУ, 2021.- 83 с.

27 5401 Методичні вказівки до виконання практичних робіт із дисципліни "Основи конструювання контрольно-вимірювальних пристроїв" : для студ. спец. 131 "Прикладна механіка" (ОПП "Технології машинобудування") всіх форм навчання.- Суми : СумДУ, 2022.- 78 с.

28 Kushnirov, P. V. Face Mills with Adjustable Cutting Inserts / Торцовые фрезы с настраиваемыми режущими вставками // Global science and education in the modern realities '2020 (August 26-27): Sworld-Ur conference proceedings. – Seattle, Washington, USA: «ISE&E» & SWorld in conjunction with KindleDP, 2020. No 1 on August 27.– P. 27-29. DOI: 10.30888/2709-2267.2020-3.

29 Пат. 139003 U Україна МПК В23С 5/06 (2006.01). Торцева збірна фреза / П.В. Кушніров, А.В. Євтухов, О.В. Івченко та ін. (Україна); заявник та патентовласник Сумський держ. ун-т. - № u 201906790; заявл. 18.06.2019; опубл. 10.12.2019, бюл. № 23.

30 Пат. 64630 U Україна, МПК В23С 5/06. Різальний інструмент / П.В. Кушніров, М.В. Лиштван, В.О. Матяш, А.В. Євтухов (Україна); заявник та патентовласник Сумський держ. ун-т. - № u201105261; заявл. 26.04.2011; опубл. 10.11.2011, бюл. № 21.

31 4352 Методичні вказівки до практичної роботи «Визначення параметрів пневмо- та гідроприводів верстатних пристроїв»: для студ. спец. 6.05050301 та 6.05050302 усіх форм навчання / П.В. Кушніров. – Електронне видання каф. ТМВІ. – Суми : Сумський державний університет, 2018. – 23 с.

32 Basov, B., Dymnyk, O., Stupin, B., & Kushnirov, P. (2022). Improvement of Ergonomic Properties of Auxiliary Supports of Fixtures (Покращення ергономічних властивостей допоміжних опор верстатних пристроїв) / Modern systems of science and education in the USA, EU and other countries '2022: Sworld-

Us conference proceedings. – Seattle, Washington, USA: SWorld&ProConference in conjunction with KindleDP, 2022. No 9 on January 31.– pp. 11-14.

33 Методичні вказівки до написання розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» у дипломних проектах / укладач: А.Ф. Денисенко. – Суми: Сумський держ. ун-т, 2014. – 58 с.

34 СНиП 2.09.04-87. СНиП Административные и бытовые здания.

35 ДСанПіН 3.3.2.007-98 Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин.

36 ДБН В.2.5-28-2006 Природне і штучне освітлення.

37 ОНТП 24-86 (НАПБ Б.07.005-86). Определение категории помещений

38 СНиП II-4-79. СНиП Естественное и искусственное освещение.

39 ГН 2152-80 (ДНАОП 0.03-3.06-80) Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих та громадських приміщень.

40 НПАОП 40.1-1.01-97 Правила безпечної експлуатації електроустановок.

41 ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.

42 Допоміжні опори верстатних пристроїв / Б.С. Басов, Д.І. Касьян, П.В. Кушніров // Технології ХХІ сторіччя: Збірник тез за матеріалами 28-ої міжнародної науково-практичної конференції (23-25 листопада 2022 р.). Ч.1. – Суми: СНАУ, 2022.– С. 21.

43 Analysis of Designs of Face Milling Cutters Containing Cylindrical Cutting Inserts (Аналіз конструкцій торцевих фрез, що містять циліндричні ріжучі вставки) / P.V. Kushnirov, B.A. Stupin, B.A. Ostapenko, D.I. Kasian // International scientific integration '2021 (October, 2021): SWorld-Us conference proceedings. – Seattle, Washington, USA: «ISE&E» & SWorld in conjunction with KindleDP, 2021. No 8 on October 19.– pp. 6-9. DOI: 10.30888/2709-2267.2021-8