

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет

Кафедра «Технологія машинобудування, верстати та інструменти»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ В.О.Іванов

«__» _____ 2023р.

**ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ
ВИГОТОВЛЕННЯ ВАЛА-ШЕСТЕРНІ 010.265.01.015**

Бакалаврська кваліфікаційна робота

Напрямок підготовки 131 – Прикладна механіка

(Технології машинобудування)

Студент

Панібратець М. Р.

Керівник

Динник О.Д.

Нормоконтроль

Динник О.Д.

ЗАТВЕРДЖЕНО

Наказ Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України

29 березня 2012 року № 384

Форма № Н-9.01

Державний вищий навчальний заклад

«Сумський державний університет»

Інститут, факультет Технічних систем та енергоефективних технологій

Кафедра Технології машинобудування, верстатів та інструментів

Освітньо-кваліфікаційний рівень перший (бакалаврський)

Напрямок підготовки 131 – Прикладна механіка (Технології машинобудування)
(шифр і назва)

Спеціальність _____
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри технології
машинобудування, верстатів та
інструментів

_____ В. О. Іванов

« ____ » _____ 2023 року

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

Панібратець Максим Романович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту «Проектування технологічного процесу виготовлення вала-шестерні 010.265.01.015»

Керівник проекту Динник Оксана Дмитрівна, канд. техн. наук, ст. викладач
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від « ____ » травня 2023 року № _

2. Строк подання студентом проекту « 12 » червня 2023 року

3. Вихідні дані до проекту _____

3.1 *Креслення вала-шестерні 010.265.01.015*

3.2 *Річний обсяг випуску деталей – 300 шт.*

3.3 *Базовий технологічний процес виготовлення шестерні 010.265.01.015*

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки

4.1 *Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі*

4.2 *Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі*

4.3 *Визначення типу виробництва та форми його організації*

4.4 *Аналіз технологічності конструкції деталі*

4.5 *Вибір способу отримання заготовки, розробка технічних вимог на заготовку*

4.6 *Аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення деталі*

4.7 *Проектування верстатного пристрою*

5. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

6. Дата видачі завдання « ____ » _____ 2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі. Опис конструктивних особливостей деталі та умов її експлуатації	10.05.23	
2	Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі	12.05.23	
3	Визначення типу та форми організації виробництва	14.05.2	
4	Аналіз технологічності конструкції деталі	16.05.23	
5	Вибір способу отримання заготовки та розроблення технічних вимог до неї	18.05.23	
6	Аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення деталі	22.05.23	
7	Проектування верстатного пристрою	14.05.2	
	Висновки	16.05.23	
	Список літературних джерел	18.05.23	
	Додатки. Презентація	22.05.23	

Студент

_____ (підпис)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Панібратець М.Р

_____ (прізвище та ініціали)

Динник О.Д

_____ (прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет

Технічних систем та енергоефективних технологій

(повна назва інституту/факультету)

Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Віталій ІВАНОВ

(підпис)

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

2023.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня бакалавра

(бакалавр / магістр)

зі спеціальності 131 Прикладна механіка ,

(код та назва)

Технології машинобудування

(освітньо-професійної / освітньо-наукової) (назва програми)

на тему: Проектування технологічного процесу виготовлення вала-шестерні
010.265.01.015

Здобувача (ки) групи ТМс2-91к Панібратця Максима Романовича

(шифр групи)

(прізвище, ім'я, по батькові)

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Максим ПАНІБРАТЕЦЬ

(підпис)

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ здобувача)

Керівник к.т.н. Оксана ДИННИК

(посада, науковий ступінь, вчене звання, ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Консультант¹⁾ _____

(посада, науковий ступінь, вчене звання ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Суми – 2023

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 65 сторінок, 8 рисунків, 15 таблиць, 20 джерел літератури.

Об'єкт дослідження – «Вал-щестерня 010.265.01.015».

Мета роботи: Проектування технологічного процесу виготовлення деталі «Вал-щестерня 010.265.01.015».

В даній роботі проаналізовані: службове призначення коробки пердач комбайну «Кіровоць», особливості конструкції валу-щестерні; технічні вимоги до деталі; тип виробництва та спосіб отримання заготовки.

В роботі розроблена операційна технологія для фрезерно-центрувальної та свердлильної з ЧПК операцій технологічного процесу: обґрунтовані схеми базування, обрано продуктивне металорізальне обладнання, верстатні пристосування, металорізальні та вимірювальні інструменти, розраховані режими різання і норми часу.

В графічній частині роботи представлено креслення деталі, заготовки, отриманої методом гарячого об'ємного штампування, маршрутний технологічний процес виготовлення валу-щестерні 010.265.01.015 та спроектоване верстатне пристосування з пневматичним приводом.

ВАЛ-ШЕСТЕРНЯ, ПОКОВКА, БАЗУВАННЯ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ОПЕРАЦІЯ, РЕЖИМ РІЗАННЯ, НОРМИ ЧАСУ, ПРИСТРІЙ

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі.	
Опис конструктивних особливостей деталі та умов її експлуатації.....	7
2 Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі	14
3 Визначення типу та форми організації виробництва	17
4 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	22
5 Вибір способу отримання заготовки та розроблення технічних вимог до неї	24
6 Аналіз існуючого чи типового технологічного процесу виготовлення деталі	31
6.1 Розрахунок припусків на механічну обробку	34
6.2 Аналіз та обґрунтування схем базування і закріплення заготовки.....	37
6.3 Обґрунтування вибору металорізальних верстатів	42
6.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів	45
6.5 Розрахунки режимів різання	46
6.6 Технічне нормування операцій.....	52
7 Проектування верстатного пристрою для установлення і закріплення заготовки.....	56
Висновок.....	63
Перелік джерел посилання	64
Додатки	
Додаток А	
Додаток Б	
Додаток В	
Додаток Г	
Додаток Д	

					ТМ 20090037-00 ПЗ		
		№ докум.	Підпис				
Розробив	Панібратець М			Проектування технологічного процесу виготовлення вала- шестерні 010.265.01.015	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив	Динник О.Д				5	64	
Реценз.					СумДУ, ТМс2-91к		
Н. Контр.	Динник О.Д						
Затв.	Іванов В.О						

ВСТУП

Машинобудування є однією з найважливіших галузей промисловості. Його продукція – це машини різного призначення, які поставляються всім галузям народного господарства.

В машинобудуванні задані форми деталей з необхідною точністю і якістю їх поверхонь досягається в основному шляхом механічної обробки, оскільки інші способи обробки не завжди можуть забезпечити виконання цих технічних вимог.

Процес механічної обробки пов'язаний з експлуатацією складного устаткування металорізальних верстатів; трудомісткість і собівартість механічної обробки більші, ніж на інших етапах процесу виготовлення машин.

Ці обставини пояснюють розвиток «технології машинобудування», як наукової дисципліни в першу чергу у напрямі вивчення питань технології механічної обробки.

Вживання прогресивних високопродуктивних методів обробки, що забезпечують високу точність і якість поверхонь деталей машини, методів зміцнення робочих поверхонь, що підвищують ресурс роботи деталі і машини в цілому, ефективне використання автоматичних ліній, верстатів з ЧПУ – все це направлено на вирішення головних завдань: підвищення ефективності виробництва і якості продукції.

В даній роботі приведений технологічний процес виготовлення валу-шестерні, який складений з урахуванням всіх технологічних вимог креслення та основних напрямків розвитку сучасного виробництва.

Особливу увагу займає обробка основних та допоміжних баз, що забезпечують точність положення валу у виробі та приєднувальних до неї деталей.

					ТМ – 21850021.00.ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МАШИНИ, ВУЗЛА, ДЕТАЛІ. ОПИС КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ДЕТАЛІ ТА УМОВ ЇЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Створення машини в основному складається з двох етапів: проектування та виготовлення. Обидва ці процеси залежать один від одного і йдуть до однієї мети – створення машини за її службовим призначенням. Показники якості машини залежать не тільки від її конструкції, але і від технології виготовлення деталей і складання в виріб.

Задана деталь вал-шестерня 010.265.01.015 входить до складу комбайна "Кіровоць 2к", що показаний на рисунку 1.1.

Комбайн "Кіровоць 2к" призначений для механізації добутку вугілля пологих пластів з кутом падіння до 35° , а також по повстанню і падінню з кутом до 10 град, при опірності пласта різанню до 360 кН/м, з потужністю пласта від 0,55 до 0,9 м. Він є машиною для одночасного виконання операцій по відділенню від масиву корисної копалини або породи і перевантаження їх на транспортні засоби. Призначений для добування корисних копалин, називається очисним, а застосовується для проведення гірничих робіт - прохідницьких. Найбільшого поширення отримали у вугільній промисловості і все ширше застосовуються і при видобутку інших корисних копалин - калійної і кам'яної солі, марганцю, руд рідкоземельних металів і ін.. При кутах падіння 9 град і вище комбайн повинен застосовуватися із запобіжною лебідкою. Комбайн працює по односторонній схемі з само зарубкою без ніш або з мінімальними їх розмірами для розміщення приводів конвеєра в правому і лівому забоях.

Комбайн оснащений одним безвідмовним механізмом подачі з гідроприводом і вбудованим автоматичним фрикційним гальмівним пристроєм, що здійснює утримання комбайна на конвеєрі при його зупинках.

Технічна характеристика комбайна «Кіровоць 2к»:

- кут падіння пласта – $0-35^\circ$;
- тип виконавчого органу – шнековий;

					ТМ – 21850021.00.ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

- захват виконавчого органу, м – 0,63-08;
- швидкість різання, м/хв. – 3,07-3,84;
- швидкість подачі, м/хв. – 0,0-6,0;
- тягове зусилля подачі, тс. – до15;
- сумарна енергозберігаємість, кВт – 105;
- вага, т – 8,75;
- розрахункова продуктивність, т/хв. – 1,8-3,5;
- основні розміри, м :
- довжина – 5,92;
- ширина по корпусу – 1,04;
- висота по корпусу – 0,82.

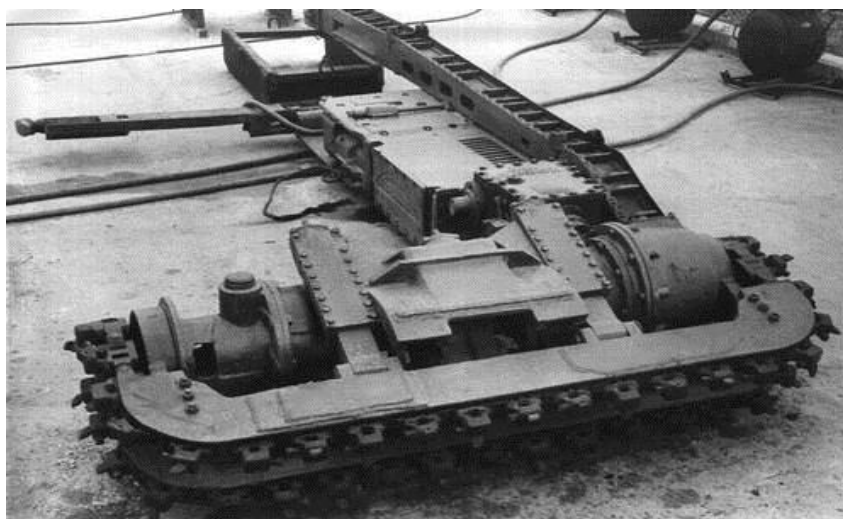


Рисунок.1.1 - Комбайн «Кіровоць»

Умови експлуатації комбайна:

Працює в навколишніх середовищах з агресивним впливом на машину в цілому. Призначений для роботи при температурі навколишнього середовища до +50°С. Робочим середовищем є забруднене пилове повітря. В процесі роботи на машину діють циклічні навантаження, вібрації, робочий тиск.

					ТМ – 21850021.00.ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Задана деталь входить до складу редуктора і служить для передачі крутного моменту. На рисунку 1.2 зображений ескіз редуктора, до складу якого входить вал-шестерня 010.265.01.015.

Редуктор призначений для зниження кутової швидкості та підвищення обертаючого моменту веденого вала в порівнянні з валом ведучим. Принцип дії зубчастої передачі заснований на зачепленні пари зубчастих коліс.

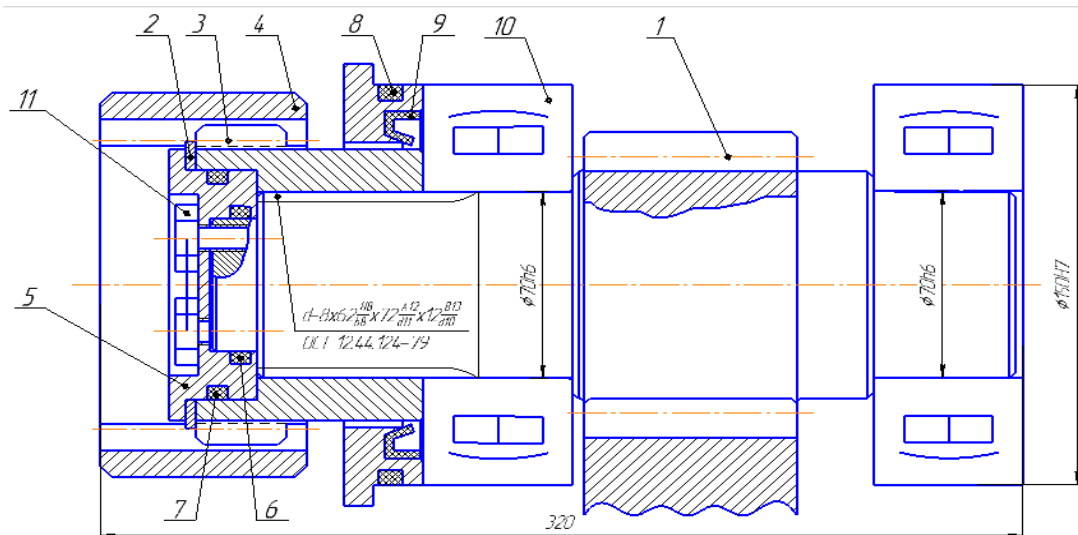


Рисунок.1.2-Ескіз редуктора

Вал-шестерня передає крутний момент з одного вала на інший. Це відбувається за допомогою зубчастих та шліцьових поверхонь, які є виконавчими поверхнями деталі і до яких ставлять підвищені вимоги щодо точності та якості поверхневого шару.

Вал-шестерня 1 встановлюється на підшипники 10, за допомогою яких деталь може обертатися. Для запобігання потрапляння бруду на підшипник кочення встановлюють манжет 9 та кільце 8 для герметичності. На редукторі встановлюється кришка 5, яка кріпиться болтами 11 для кращої герметизації кришки на валу використовують ущільнюючі кільця 6,7 та звичайне кільце 2. В редукторі встановлена шестерня 4 яка передає крутний момент іншим деталям.

Розглядаючи деталь у вузлі та аналізуючи складальні бази, можна стверджувати, що деталь позбавлена шести ступенів вільності, схема базування під час складання показана на рисунку 1.3.

					ТМ – 21850021.00.ПЗ	Арк. 9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

- циліндричні поверхні $\varnothing 70h6$ - подвійно напрямна базу полишає деталь у вузлі чотирьох ступенів вільності
- торець шийки валу-шестерні – опорна база, позбавляє деталь одної ступені вільності.
- зубці - опорна база, позбавляє деталь одної ступені вільності.

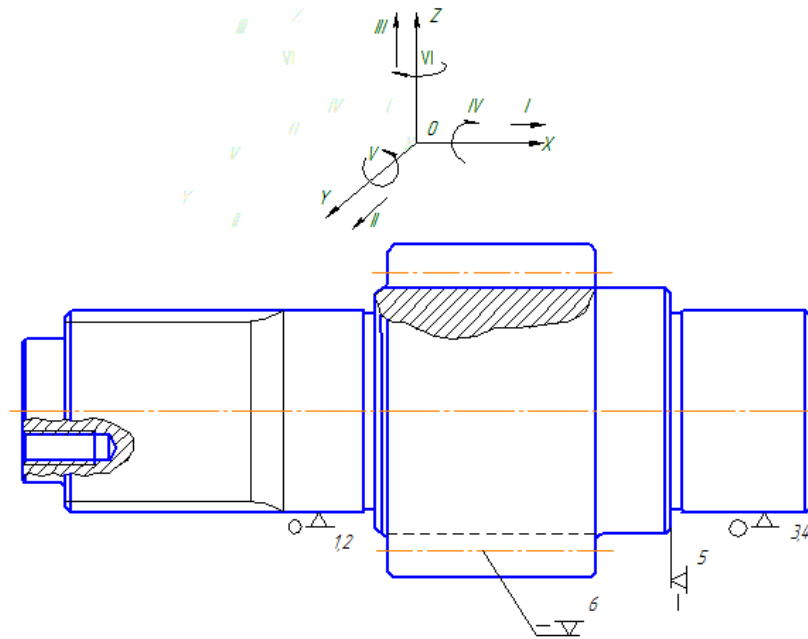


Рисунок 1.3 – Схема базування деталі в вузлі

Таблиця 1.1 – Таблиця відповідності

Зв'язки	Ступені свободи	Назви баз
1,2,3,4	III, VI, V, II	Подвійно напрямна база
5	I	Опорна база
6	IV	Опорна база

Таблиця 1.2 – Матриця зв'язків

	X	Y	Z	
L	0	1	1	Подвійна напрямна база
A	0	1	1	
L	1	0	0	Опорна база
A	0	0	0	Опорна база
L	0	0	0	
A	1	0	0	

Аналіз службового призначення поверхонь деталі проводимо згідно складального креслення.

На деталі «Вал-шестерня» можна виділити такі поверхні (рис. 1.4).

У даній деталі:

- 5 зовнішніх циліндричних поверхонь: 3, 6, 11, 14;
- 2 отвори : 17;
- 2 торцеві поверхні: 2, 15;
- 1 шліцьова поверхня: 5;
- 1 зубчаста поверхня: 9.

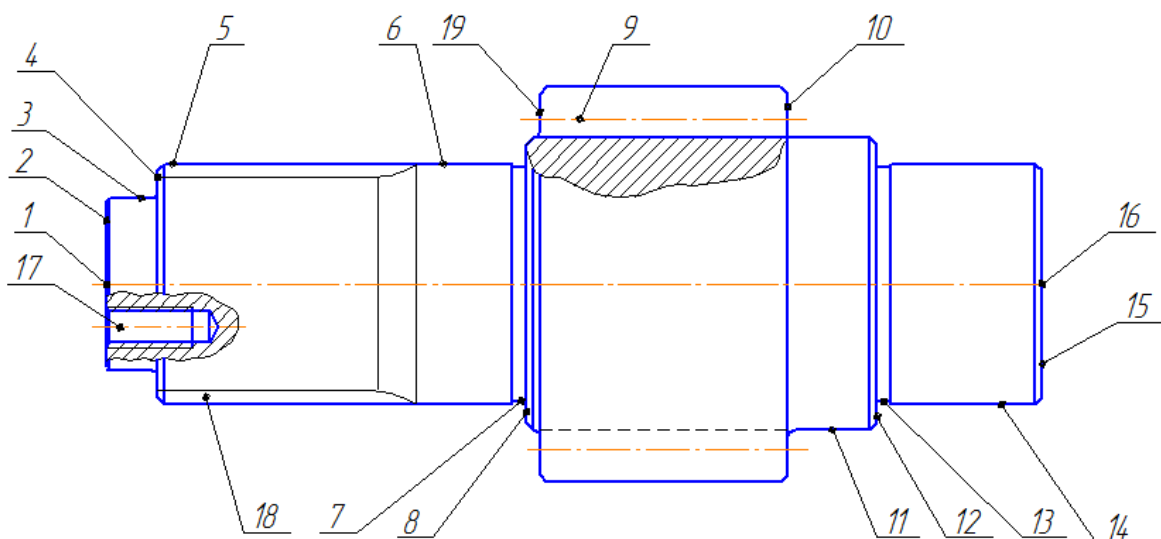


Рисунок.1.4 – Поверхні валу-шестерні

Всі поверхні деталі можна класифікувати таким чином:

- основні конструкторські бази (ОКБ - поверхні, по яких деталь базується у вузлі);
- допоміжні конструкторські бази (ДКБ - поверхні, по яких базуються інші деталі по відношенню до даної);
- виконавчі поверхні (ВП - завдяки яким деталь виконує своє функціональне призначення);
- вільні поверхні (служать для створення конфігурації , посилення конструкції деталі, технологічно необхідні елементи).

Розглянемо більш докладно характеристику кожної поверхні деталі (таб.1.3)

					ТМ – 21850021.00.ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Таблиця 1.3 – Призначення поверхонь деталі

№ пов.	Характеристика, мм	Шорсткість Ra, мкм	База	Характеристика, призначення поверхні
1	2	3	4	5
6, 14	Ø70h6	2,5	ОКБ	По даним шийкам базується вал в корпусі редуктора на підшипниках
12	Торець Ø85/ Ø68	1,6	ОКБ	По даній поверхні базується опорний підшипник
3	Ø50f9	2,5	ДКБ	Необхідний для базування кришки
5	Ø70f9	2,5	ДКБ	По даним поверхням базується шліцева втулка.
17	2 отв. M12-7H	3,2	ДКБ	По даній поверхні базуються два болта якими фіксується кришка
1, 16	Центрові отвори A4	1,6/12,5	ВП	Технологічна база для базування заготовки в центрах
7, 13	Канавка Ø68x4	6,3	ВП	Необхідна для виходу інструменту
9	Зубці m=6, z=16	3,2	ВП	Слугує для передачі обертового моменту
10, 19	Торець Ø115,42/ Ø85	3,2	ВП	Формує зубці передачі
18	Шліці d-8x62h8	3,2	ВП	За допомогою даної поверхні виконується передача обертового моменту
2, 15	Торець /0	6,3	Вільні	Формує конфігурацію
4	Торець Ø50f9/ Ø70	6,3	Вільні	Формує конфігурацію
8	Торець Ø85/ Ø68	3,2	Вільні	Формує конфігурацію
11	Ø85	6,3	Вільні	Формує конфігурацію

Основною конструкторською базами є зовнішня поверхня вала Ø70h6, довжиною 48 мм встановлюється на підшипники кочення. Також підшипник одягається на поверхню вала Ø70h6, довжиною 107 мм що визначає місце даної деталі в виробі.

					ТМ – 21850021.00.ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Основною поверхнею також являється поверхня $\varnothing 85$ яка виконує упорну функцію.

Отвір $\varnothing 10,2$ слугує для кріплення кришки болтами. Поверхня 2 слугує упором для кришки що буде кріпитись за допомогою двох болтів. На даній поверхні надрізається різьба яка буде слугувати кріпленням для болтів. Шорсткість даної поверхні становить Ra3,2 це говорить про важливість даної поверхні.

Поверхня $\varnothing 115,42$ довжиною 72 мм виконує функціональне призначення даної деталі за допомогою цієї поверхні крутний момент передається з одної шестерні на іншу. За допомогою цієї поверхні весь механізм при водича в дію. Поверхня $\varnothing 70h6$ на якій розташовані 8 шліців. Ці поверхні повинні виконуватися найточніше. До цих поверхонь ставляться найжорсткіші вимоги. Шорсткість даних поверхонь становить Ra2,5 та Ra3,2 так як від їхньої точності залежить вся робота механізму.

Умови експлуатації деталі.

Деталь передає обертовий момент на привід редуктора комбайна, відповідно під час роботи сприймає навантаження, котрі спрямовані на розтягування або ж згинання у відповідності до робочого циклу. У зв'язку з цим до деталі пред'явлені жорсткі вимоги конструктором для забезпечення безвідмовної роботи виробу в цілому. Експлуатується при температурі навколишнього середовища від -20°C до $+50^{\circ}\text{C}$ з впливом агресивного робочого середовища (корозійна дія, пил, забруднення), під дією динамічних (знакоперемінних) навантажень, вібрації, пучкових навантажень.

Таким чином розглянутий комбайн призначений для обробки вугілля і працює в важко навантажених умовах. Вал-шестерня входить до складу редукторного механізму яка необхідна для передачі обертового моменту.

					ТМ – 21850021.00.ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

2 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ НА ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

Технічні вимоги на виготовлення деталі визначаються її службовим призначенням. На основі аналізу робочого креслення можна сказати, що наявних проєкцій і перетинів достатньо, вони правильно розміщені згідно існуючих стандартів, на всіх поверхнях вказані вихідні дані: розміри, їх точність і шорсткість, проставлені потрібні технічні вимоги на виготовлення деталі.

Деталь «Вал-шестерня» є типовим представником деталей типу вал, виготовляється з сталі 20Х2Н4А ДСТУ 7806:2015, хімічний склад та механічні властивості представлені якої в таблиці 2.1 та 2.2.. Має не складну геометричну форму, яка дозволяє застосувати продуктивний метод отримання заготовки гарячим штампуванням.

Таблиця 2.1 - Хімічний склад сталі 20Х2Н4А ДСТУ 7806:2015

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu
0,16 - 0,22	0,17 - 0,37	0,3 - 0,6	3,25 - 3,65	до 0,025	до 0,025	1,25 - 1,65	до 0,3

Таблиця 2.2 - Механічні властивості сталі 20Х2Н4А ДСТУ 7806:2015

σ_b	σ_T	a_5	δ	KCU	Термообробка
МПа	МПа	%	%	кДж / м ²	-
880	1130	9	45	780	Загартування і відпустка

Твердість матеріалу 20Х2Н4А після відпалу, НВ = 269 МПа.

З цієї сталі виготовляють шестерні, вал-шестерні, пальці і інші цементує мі особливо відповідальні високонавантажені деталі, до яких пред'являються вимоги високої міцності, пластичності і в'язкості серцевини і високої поверхневої твердості, що працює під дією ударних навантажень або при низьких температурах. Матеріал деталі задовольняє всім висунутим вимогам та забезпечує нормальну працездатність деталі у вузлі.

					ТМ – 21850021.00.ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Аналіз технічних вимог, що пред'являються конструктором до деталі «Вал-шестерня»:

Поковка Гр III ГОСТ 25054-81. Даний стандарт розповсюджується на поковки діаметром (товщиною) до 1000 мм, отримані куванням або ж гарячою штамповкою з корозійних сплавів та сталей. Група поковок по призначенню Гр. III – застосовуються до навантажених деталей. Згідно з гр. III даного стандарту, 100% заготовок з партії необхідно піддати контролю на твердість, завдяки чому буде досягнута якість готового виробу. Використання в якості заготовки поковки вказує на відповідальність деталі, та її навантаженнях в процесі роботи в результаті чого потребується матеріал деталі з ущільненим зерном, котрий після термічної обробки стає рівномірним по всій заготовці, в комплексі з термічною обробкою забезпечується заготовка з досить високими механічними властивостями, хоча отримання заготовки – поковки досить трудомісткий та відповідно дорогий метод отримання в порівнянні з прокатом.

Поверхні деталі, шийки під підшипники цементують для досягнення твердості поверхневого шару та відповідно довговічності роботи вузла.

Не вказані граничні відхилення розмірів H14 , h14 , $\pm IT14 / 2$. Поверхні, на яких відсутні вимоги щодо точності, повинні оброблятися з квалітетом точності H14 (внутрішні), h14 (зовнішні), лінійні розміри - $\pm IT14/2$. Ці поверхні не є відповідальними і є конструктивно необхідними. Дана вимога дозволяє проставляти розміри без перевантаження креслення.

Вал-шестерня має циліндричні поверхні, по яким базується в корпусі редуктора та по яким базуються ущільнення, тому їх взаємне розташування конструктором, на креслені, відображене допусками форми та розташування:

- допуск радіального биття $\varnothing 70h6$ та торцевого $\varnothing 70h6/\varnothing 85$ не більше 0,05 мм відносно бази В (вісі центрів); Даною вимогою забезпечується точне взаємне розташування двох поверхонь котрі є базовими, відносно яких відбувається базування вала в вузлі, забезпечуючи рівність і плавність ходу завдяки усуненню перекосу при обертанні.

					ТМ – 21850021.00.ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Дані вимоги є цілком обґрунтованими у зв'язку с функціональним призначенням деталі, по ним базується деталь в вузлі та приєднувальні деталі.

Базові поверхні (основні та допоміжні) мають досить низьку шорсткість по критерію R_a , дана вимога конструктора пов'язана з відповідальністю та їх експлуатаційними характеристиками, так як в процесі роботи шток отримує не тільки навантаження, але й сприймає вібрації, осьові навантаження та дію тертя ковзання. Шорсткість більшості механічно оброблюваних поверхонь виконана з $R_a=2,5-3,2$ мкм, що пов'язано зі зменшенням концентраторів напруги. У зв'язку з тим що поверхні слугують базами то відповідно до їх якості пред'явлені досить жорсткі вимоги, які обґрунтовані експлуатаційними показниками роботи вузла, її динамічними навантаженнями. Дана вимога до якості поверхонь дозволить знизити кількість концентраторів напруги та досягти максимальної працездатності деталі в вузлі.

По точності виконуваних розмірів можна сказати, що базові поверхні виконані по 6-9 квалітету, що цілком обґрунтовано у зв'язку з її функціональним призначенням, але не є технологічним.

Таким чином, робота вала-шестерні здійснюється в динамічних умовах з циклічними навантаженнями (тертя - переривчаті навантаження), при робочій температурі до $+50^\circ \text{C}$, з впливом агресивного навколишнього середовища. До деталі пред'явлені жорсткі вимоги по точності та якості базових поверхонь (допуск циліндричності, співвісності) конструктором для забезпечення безвідмовної роботи виробу в цілому.

					ТМ – 21850021.00.ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

3 ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ТА ФОРМИ ОРГАНІЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА

Тип виробництва характеризується коефіцієнтом закріплення операції $K_{3,0}$, який показує відношення технологічних операцій, виконуваних на протязі місяця до кількості робочих місць.

$$K_{3,0} = \Sigma O / \Sigma P \quad (3.1)$$

де ΣO – сумарне число різноманітних операцій;

ΣP – число робітників виконуючих ці операції.

Визначення штучного $T_{шт-к}$ на всіх операціях.

Штучний час беремо з базового технологічного процесу. Дані записуємо до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Визначення типу виробництва

№ Операції	Найменування операції	$T_{шт-к}$, хв	m_p , шт.	P , шт.	$\eta_{з.ф.}$	O
010	Фрезерно- центрувальна	9,7	0,018	1	0,018	35
015	Токарно-гвинторізна	18,5	0,028	1	0,028	29
020	Токарна з ЧПК	29,5	0,045	1	0,045	17
025	Свердлильна з ЧПК	8,4	0,031	1	0,031	25
030	Шліцефрезерна	18,3	0,028	1	0,028	29
035	Зубофрезерна	27,6	0,043	1	0,043	19
055	Круглошліфувальна	18,3	0,028	1	0,028	28
060	Круглошліфувальна (чистова)	20,3	0,031	1	0,031	25
065	Шліцешліфувальна	28,6	0,042	1	0,042	18
		196,5	-	9	-	225

Розрахункова кількість верстатів по операціям знаходимо за формулою:

$$m_p = \frac{N_{\text{річ}} \cdot T_{\text{шт-к}}}{60 \times F_d \cdot \eta_{\text{з.н.ср.}}} \quad (3.2)$$

де $N_{\text{річ}}$ – річна програма випуску деталей, 300 шт;

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

$\eta_{\text{з.н.ср.}}$ – середнє значення нормативного коефіцієнта завантаження обладнання.

Виконаємо розрахунок необхідної кількості обладнання:

$$m_p = \frac{300 \cdot 15,3}{60 \cdot 4029 \cdot 0,8} = 0,023 \text{ шт.}$$

Число робочих місць P знаходимо шляхом округлення до ближнього цілого числа отриманого значення m_p : $P=1$. Результати розрахунків для всіх інших механічних операцій приведені в таблиці 3.1.

Фактичний коефіцієнт завантаження обладнання робочого місця розраховується за формулою:

$$\eta_{\text{з.ф.}} = \frac{m_p}{P} \quad (3.3)$$

$$\eta_{\text{з.ф.}} = \frac{0,023}{1} = 0,023.$$

Результати розрахунків для інших механічних операцій представимо в таблиці 3.1.

Кількість операцій виконуваних на робочому місці:

$$O = \frac{\eta_{\text{з.н.ср.}}}{\eta_{\text{з.ф.}}} \quad (3.4)$$

$$O = \frac{0,8}{0,023} = 35$$

Результати розрахунків для інших операцій заносимо до таблиці 3.1.

Знаходимо ΣP , ΣO , $\Sigma T_{\text{шт-к.}}$, результати розрахунків заносимо до таблиці 3.1.

Коефіцієнт закріплення операцій знаходимо по формулі:

$$K_{\text{з.о.}} = \frac{\Sigma O}{\Sigma P} = \frac{225}{9} = 25 \quad (3.5)$$

					ТМ – 21850021.00.ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Розраховане значення коефіцієнта ($20 < K_{3.0} < 40$) відповідає середньо серійному типу виробництва.

Визначення форми організації виробництва.

Добовий випуск деталей:

$$N_{\text{доб.}} = \frac{N_{\text{річ}}}{C}, \text{ шт/день} \quad (3.6)$$

де C – кількість робочих днів у році, $C=254$ дня.

$$N_{\text{доб.}} = \frac{300}{254} = 1,2 \text{ шт/день}$$

Добовий фонд часу роботи обладнання:

$$F_{\text{доб.}} = \frac{60 \cdot F_d}{254}, \text{ хв.} \quad (3.7)$$

$$F_{\text{доб.}} = \frac{60 \cdot 4029}{254} = 951,73 \text{ хв.}$$

Середня трудомісткість механічних операцій:

$$T_{\text{ср.}} = \frac{\sum T_{\text{шт-к}}}{n}, \text{ хв.} \quad (3.8)$$

де n – число механічних операцій, $n=9$;

$$T_{\text{ср.}} = \frac{196,5}{9} = 21,8 \text{ хв.}$$

Добова потужність потокової лінії при її завантаженні на 60% розраховується:

$$Q_{\text{доб.}} = \frac{F_{\text{доб.}}}{T_{\text{ср.}}} \cdot 0,6, \text{ шт.} \quad (3.9)$$

$$Q_{\text{доб.}} = \frac{951,73}{21,8} \cdot 0,6 = 27,1 \text{ шт.}$$

При порівнянні $N_{\text{доб.}}=1,2 < Q_{\text{доб.}} = 27,1$ бачимо, що добовий випуск деталей на багато менше добової потужності потокової лінії при її завантаженні на 60%, тобто використання одно номенклатурної потокової лінії нерационально, тому приймаємо групову форму організації праці.

					ТМ – 21850021.00.ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

У відповідності до ГОСТ 3.1108-74 коефіцієнт закріплення операцій складає для дрібносерійного виробництва від 20 до 40 включно.

Коротка характеристика обраного типу виробництва.

Дрібносерійний тип виробництва характеризується обмеженою номенклатурою виробів, виготовлених періодично повторюваними партіями і порівняно великим обсягом випуску. Використовується універсальне і спеціалізоване і частково спеціальне обладнання. Широко застосовуються верстати з ЧПУ, обробні центри, а також гнучкі автоматизовані системи на основі верстатів з ЧПК, пов'язаних транспортуючими пристроями, керованими від ЕОМ. Устаткування розставляються по технологічних групах з урахуванням напрямку основних вантажопотоків цеху, по предметно замкнутим ділянкам.

Технологічне оснащення в основному універсальне. Велике поширення має універсально збірне, переналагоджуване технологічне оснащення, що дозволяє значно підвищити коефіцієнт оснащеності дрібносерійного виробництва.

Залежно від особливості технології виробництва та обсягу випуску забезпечується повна, неповна, групова взаємозамінність, однак застосовується і пригін по місцю, компенсація розмірів.

Технологічна документація та нормування докладно розробляється для найбільш складних і відповідальних заготовок і спрощеного нормування для простих заготовок.

Вживаний ріжучий інструмент - універсальний і спеціальний. Вимірювальний інструмент - калібри, спеціальний вимірювальний інструмент.

У відповідності з даним типом виробництва та порядком виконання операцій, розташування технологічного обладнання встановлюється групова форма організації технологічного процесу, яка характеризується однорідними конструктивно - технологічними ознаками виробів, єдністю засобів технологічного оснащення.

У дрібносерійному виробництві технологічний процес переважно диференційований, тобто розчленований на окремі операції, які закріплені за окремими визначеними верстатами.

					ТМ – 21850021.00.ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Верстати застосовуються універсальні, спеціалізовані, спеціальні, автоматизовані, агрегати.

Кількість деталей у партії

$$n = \frac{(N_{\text{річ}} \cdot a)}{259}, \text{ шт.} \quad (3.10)$$

де $a = 24$ – періодичність запуску в днях.

$$n = \frac{24 \cdot 300}{259} = 27,8$$

Приймаємо 28 шт.

					ТМ – 21850021.00.ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

4 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ

Аналізуючи технологічність за використанням матеріалу необхідно відмітити, що сталь 20Х2Н4А ДСТУ 7806:2015 має задовільну обробку. Використання більш дешевого матеріалу не раціонально, так як це приведе до зниження механічних та фізичних властивостей матеріалу, а деталь є відповідальною і працює в умовах постійних навантажень (діють сили розтягування).

Враховуючи вище згадане можна зробити висновок, що за використанням матеріалу для виготовлення даної деталі вона є не технологічною, так як матеріал відноситься до легованих сталей (порівняно твердий) та механічна (лезвійна) обробка є дещо ускладнена.

Аналізуючи креслення деталі можна зробити висновок, що виконане воно згідно з діючими стандартами, хоча має деякі дрібні відхилення, такі як не вірно позначена та проставлена шорсткість поверхонь. Деякі позначення перетинаються між собою. Данні зауваження, ускладнюють читання креслення, та його сприйняття, хоча вони є незначними.

Маса деталі складає 11,4 кг, що свідчить про те що при закріпленні не потрібно допоміжних підйомних механізмів. Отже за масою заготовка технологічна.

Аналізуючи форму поверхонь деталі з точки зору можливості застосування високопродуктивного обладнання, можна зазначити, що більшість поверхонь є простими (циліндричні, плоскі), що значно полегшує обробку, так як в більшій мірі досягнута точність обробки залежить від простоти конструкційних форм, тому при аналізі поверхонь можна сказати що за цим показником деталь технологічна.

Поверхні деталі є достатньо розвинутими, що полегшує умови базування та закріплення на механічних операціях.

На основі розглянутого креслення деталі «Вал-шестерня», можемо зробити висновок, що існують не технологічні конструктивні особливості:

					ТМ – 21850021.00.ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

- шорсткість циліндричних поверхонь $\varnothing 70h6$ складає $Ra=2,5$ мкм, що не технологічно, так як для досягнення даного параметру треба виконати відповідну кількість переходів на токарних операціях, та шліфування, що приведе до збільшення собівартості деталі;

- при токарній чистовій обробці, та шліфуванні для уникнення від згинання заготовки від інструменту необхідно використовувати люнет, що приведе до збільшення допоміжного часу на його установку та налагоджування;

- не технологічне виготовлення зубців та шліців, так як для їх отримання необхідно використовувати спеціальне оснащення, та досить довгий процес виготовлення (трудомісткі операції).

Поверхні, які мають шорсткість $Ra=2,5$ мкм потребують відповідної кількості операцій, переходів, що в результаті буде відзначатися на собівартості виробу в цілому, тому можна сказати що за шорсткістю поверхонь деталь не технологічна.

Також треба відзначити, що конструктором пред'явлені жорсткі вимоги до розміщення (торцеві та радіальні биття) поверхонь (данні поверхні відіграють роль як основних так і допоміжних конструкторських баз). Для досягнення даних вимог треба застосовувати відповідну кількість операцій з використанням режимів різання котрі дозволять виконати ці допуски та забезпечити необхідну якість поверхонь.

Розглядаючи креслення деталі, бачимо, що всі поверхні мають шорсткість не нижче $Ra= 3,2$ мкм, що вказує на те що деталь досить відповідальна та не має поверхонь що механічно не оброблюються, що є не технологічно, так як лез війна обробка завжди приводить до збільшення собівартості деталі та вузла в цілому.

Висновок: В цілому деталь технологічна, хоча має окремі не технологічні конструктивні елементи:

- отримання шліців;
- отримання зубців шестерні
- точність та якість базових поверхонь.

					ТМ – 21850021.00.ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

5 ВИБІР СПОСОБУ ОТРИМАННЯ ЗАГОТОВКИ ТА РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ ДО НЕЇ

Аналізуючи конфігурацію деталі, її матеріал та тип виробництва, можемо зробити висновок, що найбільш раціональним методом отримання заготовки є вільне кування на молотах та гаряча об'ємна штамповка на кривошипному гаряче штампувальному пресі (КГШП).

Перший варіант – вільне кування на молотах.

Визначаємо масу заготовки по формулі:

$$M_p = K_p \cdot M_d, \text{ кг.} \quad (5.1)$$

де M_d - маса деталі;

k_p - розрахунковий коефіцієнт

$$M_p = 1,5 \cdot 11,4 = 17,1 \text{ кг};$$

Визначаємо ступінь складності за формулою (5.2):

$$C = \frac{M_p}{M_\phi}; \quad (5.2)$$

M_ϕ - маса фігури.

Коефіцієнт використання заготовки:

$$K_3 = \frac{m_d}{m_3} \geq 0,7, \quad (5.3)$$

де $m_d = 11,4$ - маса деталі, кг;

$m_p = 17,1$ - маса заготовки, кг;

$$K_3 = \frac{11,4}{17,1} = 0,66$$

Масу фігури визначаємо по формулі:

$$V = \frac{\pi d^2}{4} \times l \text{ мм}^3 \quad (5.4)$$

$$M_\phi = \frac{3,14 \times 115,42^2}{4} \times 272 \times (7,85 \times 10^{-6}) = 22,3 \text{ кг};$$

					ТМ – 21850021.00.ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$C = \frac{17,1}{22,3} = 0,76;$$

Вартість заготовки визначаємо за формулою:

Собівартість заготовки отримуваної куванням на молотах розраховуємо за формулою:

$$S_{\text{заг}} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot K_t \cdot K_m \cdot K_c \cdot K_n \cdot K_v \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{\text{відх}}}{1000} \quad (5.5)$$

де $C_i = 27800$ грн. – базова вартість однієї тони матеріалу, грн.

$Q = 22,3$ кг – маса заготовки;

$q = 11,4$ кг – маса готової деталі;

$K_t = 1,0$ – коефіцієнт враховуючий точність поковки;

$K_m = 1,22$ - коефіцієнт враховуючий властивості матеріалу;

$K_c = 1,5$ - коефіцієнт враховуючий групу серійності;

$K_n = 1,0$ - коефіцієнт враховуючий групу складності;

$K_v = 1,0$ - коефіцієнт враховуючий масу поковки;

$S_{\text{відх}} = 4000$ грн. – ціна однієї тони відходів,

$$S_{\text{заг1}} = \left(\frac{27800}{1000} \cdot 22,3 \cdot 1,0 \cdot 1,22 \cdot 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \right) - (22,3 - 11,4) \frac{4000}{1000} = 1091 \text{ грн.}$$

Другий варіант - одержання заготовки методом гарячого об'ємного штампування.

Цей вид і метод отримання заготовки був вибраний оскільки конструкція деталі не складна, виробництво деталі дрібносерійне. Переваги цього способу – висока точність форми та розмірів кованок, високий коефіцієнт використання матеріалу, а також продуктивність праці, коефіцієнт корисної дії основного устаткування, менша вартість поковок, відсутність ударних навантажень, кращі умови праці, менші навантаження на виробничі будівлі, можливість використання складних штампів замість суцільних, придатність до механізації та автоматизації виробничих процесів.

					ТМ – 21850021.00.ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Розрахунок проводимо згідно довідника [1].

1 Вихідні дані:

найменування деталі – «Вал-шестерня»;

матеріал – сталь 20Х2Н4А ДСТУ 7806:2015 0.20%С; 2%Х; 4%Н;

маса деталі - 11,4кг;

річна програма випуску - 300шт.

2 Вихідні дані для розрахунку .

Розрахунок виконуємо по ГОСТ 7505-89.

2.1 Масу заготовки знаходимо за формулою(4.1):

$$M_p = K_p \cdot M_d, \text{ кг} \quad (5.6)$$

M_p – розрахункова маса;

K_p - розрахунковий коефіцієнт (див. таб.20);

M_d – маса деталі.

$$M_p = 1,3 \cdot 11,4 = 14,82 \text{ кг}$$

2.2 Клас точності – Т4.(для методу виробництва відкрите штампування)
(таблиця 19).

2.3 Визначаємо ступінь складності за формулою:

$$C = \frac{M_p}{M_\phi} \quad (5.7)$$

M_ϕ – маса фігури, описаної навколо деталі, кг

Масу фігури визначаємо за формулою:

$$M_\phi = \frac{\pi \cdot D_\phi^2}{4} \cdot l_\phi \cdot \rho, \text{ кг} \quad (5.8)$$

$$M_\phi = \frac{3,14 \cdot 120^2}{4} \cdot 280 \cdot (7,85 \cdot 10^{-6}) = 24,8 \text{ кг};$$

$$C = \frac{14,82}{24,8} = 0,6;$$

Отже, ступінь складності С1($C \geq 0,63$) (додаток 2).

					ТМ – 21850021.00.ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

2.4 Визначаємо групу сталі. Середня масова доля вуглецю в сталі 20X2H4A: 0,16 % C; сумарна масова доля легуючих елементів – 5,22 % (0,3 % Mn; 0,17 % Si; 1,3 % Cr; 0,2 % Cu, 3,25 Ni). Отже, група сталі – М3 (табл.1).

2.5 Конфігурація поверхні рознімання штампа П(плоска) (табл.1).

2.6 Вихідний індекс – 15 (для групи сталі М3; класу точності Т4; ступеню складності С1; маси поковки $M_p=17,1$ кг.) (табл.2).

Визначаємо припуски на штамповану заготовку та визначаємо її розміри.

3 Припуски

3.1 Основні припуски на розміри ,мм (табл.3):

2,3 - діаметр $\varnothing 70$ мм, шорсткість поверхні 2,5;

2,5 - діаметр $\varnothing 115,42$ мм, шорсткість поверхні 3,2;

2,5 - довжина 122 мм, шорсткість поверхні 6,3;

2,5 - довжина 102 мм, шорсткість поверхні 2,5;

3,0 - довжина 272 мм, шорсткість поверхні 6,3.

3.2 Додаткові припуски рознімання штампа:

зміщені по поверхні рознімання штампа – 0,4 мм (табл.4);

відхилення від площини – 0,6 мм (табл. 5).

3.3 Штампувальний уклін (табл.17):

на зовнішній поверхні – не більше 1° ;

на внутрішній поверхні – не більше 2° .

4 Розміри поковки з допусками відхилень

4.1 Розміри поковки, мм:

діаметр $70+(2,3+0,4)\cdot 2=75,4$ беремо 75, мм;

діаметр $115,42 +(2,5+0,4)\cdot 2=121,22$ беремо 121, мм;

довжина $122+3,0-2,5 +0,4=122,9$ беремо 123, мм;

довжина $102+(2,5+0,4) 2=108,8$ беремо 108, мм;

довжина $272+(3,0+0,4) 2=279,8$ беремо 279

4.2 Радіус заокруглення зовнішніх кутів 3,0 мм (табл. 7).

					ТМ – 21850021.00.ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

4.3 Допуски відхилень розмірів , мм (табл. 8):

Діаметри:

$$\varnothing 75^{+2.1}_{-1.1}, \text{ мм}$$

$$\varnothing 121^{+2.4}_{-1.2}, \text{ мм}$$

Довжина:

$$121^{+2.4}_{-1.2}, \text{ мм}$$

$$108^{+2.4}_{-1.2}, \text{ мм}$$

$$279^{+3.0}_{-1.5}, \text{ мм}$$

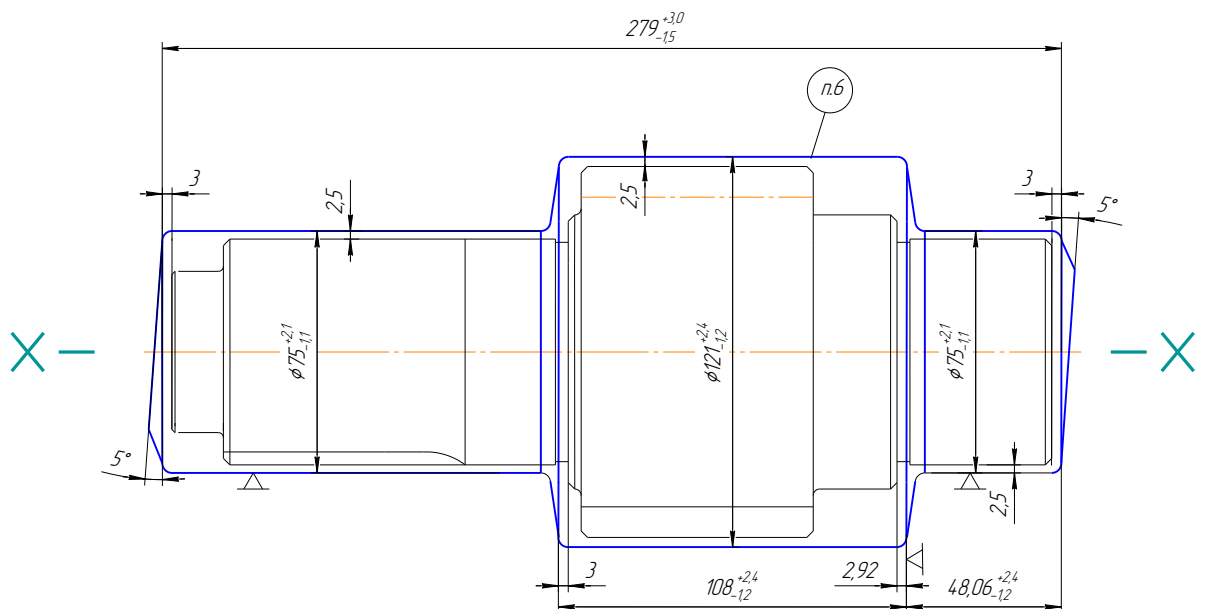


Рисунок 5.2 – Ескіз заготовки - штамповки

Розрахунок маси заготовки на кривошипному гарячому штампувальному пресі.

$$m_3 = V \times \rho, \text{ кг} \quad (5.9)$$

Де ρ – питома вага матеріалу, для сталі $\rho = 7,85 \times 10^{-6} \text{ кг/мм}^3$

$$V = \frac{\pi d^2}{4} \times l, \text{ мм}^3 \quad (5.10)$$

d- діаметри на які назначаються допуски, L – довжини даних діаметрів .

$$V_1 = \frac{3.14 \times 75^2}{4} \times 123 = 543121,875 \text{ мм}^3$$

									Арк.
									28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	ТМ – 21850021.00.ПЗ				

$$V2 = \frac{3.14 \times 121^2}{4} \times 108 = 1241263,98 \text{ мм}^3$$

$$V3 = \frac{3.14 \times 75^2}{4} \times 48 = 211950 \text{ мм}^3$$

$$V = V1 + V2 + V3 = 1996335,86 \text{ мм}^3$$

Вага заготовки :

$$m_3 = 1996335,86 \times 7.85 \times 10^{-6} = 15.7 \text{ кг/мм}^3$$

Визначаємо коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{\text{вм}} = \frac{m_d}{m_3} \quad (5.11)$$

де m_d – маса деталі, кг;

m_3 – маса заготівки, кг.

$$K_{\text{вм}} = \frac{m_d}{m_3} = \frac{11,4}{15,7} = 0,73$$

Порівняємо з вартістю заготовки отриманої на ГГШП по формулі (5.5) з такими показниками:

де $C_i = 30500$ грн. – базова вартість однієї тони матеріалу, грн.

$Q = 15,7$ кг – маса заготовки;

$q = 11,4$ кг – маса готової деталі;

$K_T = 1,1$ – коефіцієнт враховуючий точність поковки;

$K_M = 1,22$ - коефіцієнт враховуючий властивості матеріалу;

$K_C = 1,3$ - коефіцієнт враховуючий групу серійності;

$K_H = 1,1$ - коефіцієнт враховуючий групу складності;

$K_B = 0,98$ - коефіцієнт враховуючий масу поковки;

$S_{\text{відх}} = 4000$ грн. – ціна однієї тони відходів,

$$S_{\text{заг1}} = \left(\frac{30500}{1000} \cdot 15,7 \cdot 1,1 \cdot 1,22 \cdot 1,3 \cdot 1,1 \cdot 0,98 \right) - (15,7 - 11,4) \frac{4000}{1000} = 868,8 \text{ грн.}$$

З розрахунків можна впевнено сказати, що метод штампування на КГШП економічно дешевше. Та найбільш доцільніший для виготовлення даної деталі.

					ТМ – 21850021.00.ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Отже, заготовку будемо отримувати штампуванням на КГШП, так як цим способом ми отримуємо більш ущільнену та зміцнену заготовку.

Технічні вимоги:

1. Поковка Гр. III НВ 240...280 ГОСТ 25054-81.
2. Клас точності Т4, міра складності С3, група стали М3 по ГОСТ 7505-89.
3. Не вказані радіуси заокруглення кутів 3,0 мм. .
4. Величина зміщення по площині роз'єму штампю не більш 0,4мм, величина залишкового облоя не більш 0,6мм.
5. Штампувальний уклін не більше 1°.

					ТМ – 21850021.00.ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

6 АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО ЧИ ТИПОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

Проаналізуємо базовий технологічний процес виготовлення деталі «Вал-шестерні».

В пункті три було проведене техніко-економічне обґрунтування методу отримання заготовки, на основі цих розрахунків було прийнято отримати заготовку шляхом поковки на КГШП.

Технологічний процес виготовлення деталі розроблений відповідно до технічних вимог даної деталі а також з урахуванням особливостей дрібносерійного виробництва.

Детальний аналіз технологічного процесу з послідовністю операцій і обладнання представлений у таблиці 6.1

Таблиця 6.1 – Базовий технологічний процес

Номер	Найменування операції	Короткий зміст операції	Базування	Обладнання
1	2	3	4	5
000	Заготівельна	Обробка тиском		КГШП
005	Термічна	Зняття напруженості		Термічна піч
010	Фрезерно-центрувальна	Фрезерувати торці. Центрувати торці. Витримати розмір 272,72.	В призмах зовнішня поверхня	Фрезерно-центрувальний верстат МР-71М
015	Токарна з ЧПК	Установ А, Б Точити торці та фаски згідно керуючої програми начорно. Витримуючи розміри: Ø116,16мм; Ø85,33мм; Ø71,6мм; Ø50,3мм.	Центрові отвори упор у лівий торець(подвійно напрямна та опорна база)	Токарний 16К20Ф3

Продовження таблиці 6.1

1	2	3	4	5
020	Токарна з ЧПК	Установ А, Б Точити та торці та фаски згідно керуючої програми начисто Витримуючи розміри: Ø114,96мм; Ø84,13мм; Ø70,4мм; Ø50,3мм; Ø85мм.	Центрові отвори упор у лівий торець(подвійно напрямна та опорна база)	Токарний з ЧПК 16K20Ф3
025	Свердлильна з ЧПК	Свердлувати по черзі два отвори Ø10,2 мм, Зенкувати по черзі дві фаски, Нарізати по черзі різьбу М12-7Н	В призмах з упором у торець(подвійно напрямна та опорна база), захват при хватами.	Свердлильний з ЧПК верстат моделі 2P135Ф2
030	Шліцефрезерна	Фрезерувати шліцьову поверхню Витримуючи розмір: 62мм; 8шліців Ø12мм.	Центрові отвори упор у лівий торець(подвійно напрямна та опорна база)	Шліцефрезерн ий автомат 5350
035	Зубофрезерна	Фрезерувати зубчасту поверхню Витримати розмір: 72мм, 16 зубів Ø48,5мм.	Центрові отвори упор у лівий торець (подвійно напрямна та опорна база)	Станок зубофрезерний вертикальний 5K324А
040	Слюсарна	Притупити гострі кромки		Верстак слюсарний
045	Хіміко-термічна			Карбюриза тор
050	Контрольна	Перевірка на твердість		Твердомір
055	Круглошліфувальна	Установ А, Б Шліфувати попередньо 2 поверхні Ø70 мм.	Центрові отвори	Круглошліфув альний верстат 3У131ВМ

					ТМ – 21850021.00.ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Продовження таблиці 6.1

1	2	3	4	5
060	Круглошліфувальна	Установ А, Б Шліфувати остаточно 2поверхні Ø70 мм; Ø50мм.	Центрові отвори	Круглошліфувальн ий верстат ЗУ131ВМ
065	Шліцешліфувальна	Шліфувати шліцьову поверхню	Центрові отвори	Шліценшліфувальн ий станок ЗВ451В- 1
070	Мийна	Промивка деталі		Конвеєрна машина
075	Контрольна		На столі ВТК	Стіл ВТК
080	Маркувальна	Маркувати деталь		
085	Консервація	Консервація і упаковка деталі		

В базовому технологічному процесі заготовка прокат, ми пропонуємо змінити на штамповку, тому що це дешевше а також набагато ефективніше і має великі переваги які наведені в пункті п'ять даної роботи.

При закріпленні заготовки використовуються універсальні прихвати, затискачі з гідравлічним приводом, прив'язку верстата до кожної заготовки.

Щодо ріжучого інструменту, що застосовується відповідно до технологічного процесу є досить застарілим, та непродуктивним. Застосовується здебільшого напаяний інструмент, більш прогресивним є інструмент зі змінними пластинами, що зменшить час на обслуговування верстата.

Використане обладнання в заводському технологічному процесі є досить застарілим, відповідно воно непродуктивне.

Не зважаючи на ці зауваження, в цілому технологічний процес задовольняє отримати задану якість та точність поверхонь деталі.

					ТМ – 21850021.00.ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

6.1 Розрахунок припусків на механічну обробку

Виконаємо розрахунок припусків та знайдемо розміри на обробку зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 70h6$.

Розрахунок проведений на ЕОМ та показаний в додатках.

Для технологічних переходів визначаємо елементи припуску Rz, T.

– для заготівки	Rz = 200 мкм	T = 250 мкм
– для чорнового точіння	Rz = 50 мкм	T = 50 мкм
– для чистового точіння	Rz = 25 мкм	T = 25 мкм
– для шліфування чорнове	Rz = 10 мкм	T = 20 мкм
– для шліфування чистове	Rz = 5 мкм	T = 15 мкм

Розрахункова формула для знаходження припуску зовнішньої циліндричної поверхні має вигляд:

$$2z_{\min} = 2(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \text{ мкм.} \quad (6.1)$$

де Rz_{i-1} – величина мікронерівностей поверхні отриманої на попередній операції (переході);

T_{i-1} – глибина дефектного шару поверхні отриманої на попередній операції (переході);

ρ_{i-1}^2 – величина просторового відхилення форми поверхні отриманої на попередній операції (переході);

ε_i^2 – похибка на виконуваний операції (переході).

Перераховані показники є величинами табличними окрім ρ_{i-1} , яка розраховується як

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{\rho_{\text{зс}}^2 + \rho_{\text{кор}}^2 + \rho_{\text{центр}}^2}, \text{ мкм} \quad (6.2)$$

де: $\rho_{\text{см}}$ - просторове відхилення зміщення заготовки;

де $\rho_{\text{зс}}^2$ - коефіцієнт зсуву = 0,6 мм = 600 мкм

					ТМ – 21850021.00.ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$\rho_{\text{кор}}^2$ - коефіцієнт викривлення = 0,4мм = 400мкм

$\rho_{\text{центр}}^2$ - коефіцієнт центрування.

$$\rho_{\text{св}} = \sqrt{\rho_{\text{к}}^2 + \rho_{\text{ц}}^2} = \sqrt{136^2 + (1 \cdot 136)^2} = 1009 \text{ мкм}$$

Знайдемо для кожного з переходів:

$$\rho = \rho_{\text{заг}} \cdot K_y, \text{ мкм} \quad (6.3)$$

$$\rho_{\text{п/ч}} = 1009 \cdot 0,06 = 60 \text{ мкм.}$$

$$\rho_{\text{чис}} = 1009 \cdot 0,05 = 50 \text{ мкм.}$$

$$\rho_{\text{тон}} = 1009 \cdot 0,04 = 40 \text{ мкм.}$$

Похибка установки та похибка закріплення дорівнює 0, оскільки деталь встановлюється на заздалегідь оброблену циліндричну поверхню.

Таблиця 6.2 – Вихідні дані для розрахунку припусків на ЕОМ

Найменування переходу	Точність	Граничні відхилення	Елементи припуску, мкм				
			Rz	T	ρ	ϵ_3	ϵ_6
Поковка	T4	+2,1 -1,1	200	250	1009	-	0
Точіння чорнове	IT.12	-0,3	50	50	60	100	0
Точіння чистове	IT.10	-0,12	25	25	50	50	0
Шліфування чорнове	IT.8	-0,046	10	20	40	0	0
Шліфування чистове	IT.6	-0,019	5	15	-	0	0

Расчетные значения			Принятые значения, мм						
припуск, мкм		расчетный размер, мм	расчетный размер	номинальный размер с предельными отклонениями	предельный размер		припуск, мкм		
миним	расч.				минимальный	максимальный	миним	расч.	макс
-	-	78.001	78.002	75.902+2.100	74.802	78.002	-	-	-
1686	4886	73.114	73.115	-1.100	72.814	73.115	1687	4887	5187
967	1267	71.846	71.847	0.300	71.727	71.847	968	1268	1388
860	980	70.866	70.866	0.120	70.82	70.866	861	981	1027
820	866	70	70	0.046	69.981	70	820	866	885
				0.019					

Рисунок 6.1 – Результат розрахунку припусків на розмір $\phi 70h6$ мм на ЕОМ за методом професора Кована

За даними розрахунку побудуємо схему розташування припусків та допусків і зобразимо на рисунку 6.1

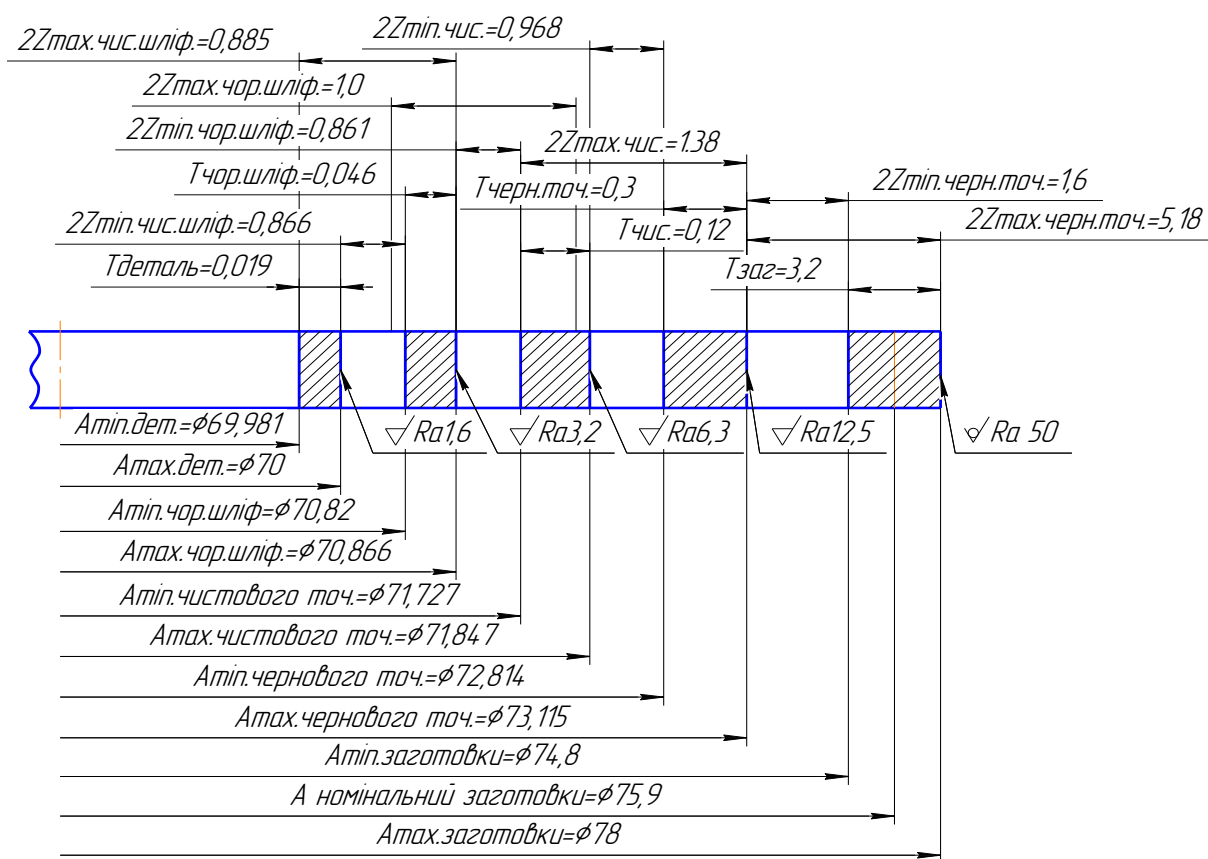


Рисунок 6.2 – Схема розміщення припусків на обробку діаметрального розміру $\phi 70h6$ мм

6.2 Аналіз та обґрунтування схем базування і закріплення заготовки

Операція 010 – фрезерно-центрувальна.

На операції відбувається торцювання та центрування валу з одного установа та двох позицій. Найбільш раціональною схемою базування є базування в призмах з упором в уступ валу. В результаті чого заготовка буде полишена п'яти ступенів вільності (подвійна напрямна та опорна бази), рисунок 6.3.

Похибка базування для розміру 45 мм буде дорівнювати нулю так як співпаде вимірювальна та технологічна бази (упор в уступ).

Похибка базування для розміру 272 мм буде дорівнювати похибці настроювання пристосування на розмір 272 фрезерних головок верстату, та складе 0,1 мм, що менше ніж допуск на виконуваний розмір.

Похибка базування на глибини отворів також буде дорівнювати похибці налагодження свердлильних головок та складе 0,1-0,2 мм, що також менше ніж допуски на виконуваний розміри.

Похибка базування на діаметр 4 мм та конус буде залежати безпосередньо від геометрії інструменту – комбінованого-центрувального свердла.

Похибка на розташування отворів відносно вісі заготовки буде дорівнювати:

$$E_6 = \frac{T_{75}}{2} \left(\frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} \right) = \frac{3,2}{2} \left(\frac{1}{\sin 45} \right) = 2,2 \text{ мм}, \quad (6.4)$$

похибка базування буде компенсуватись на наступних токарних операціях при обробці в центрах.

					ТМ – 21850021.00.ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

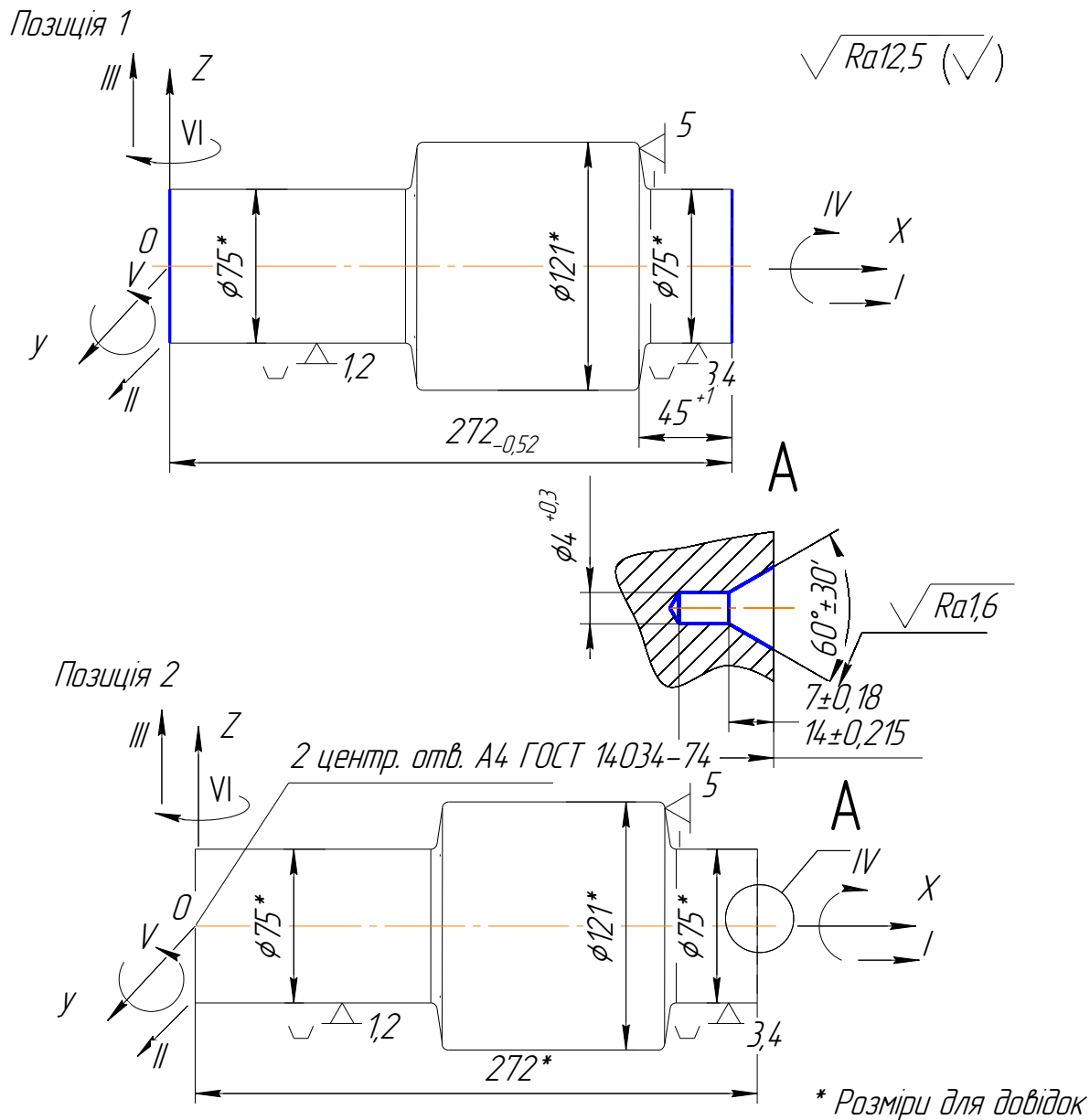
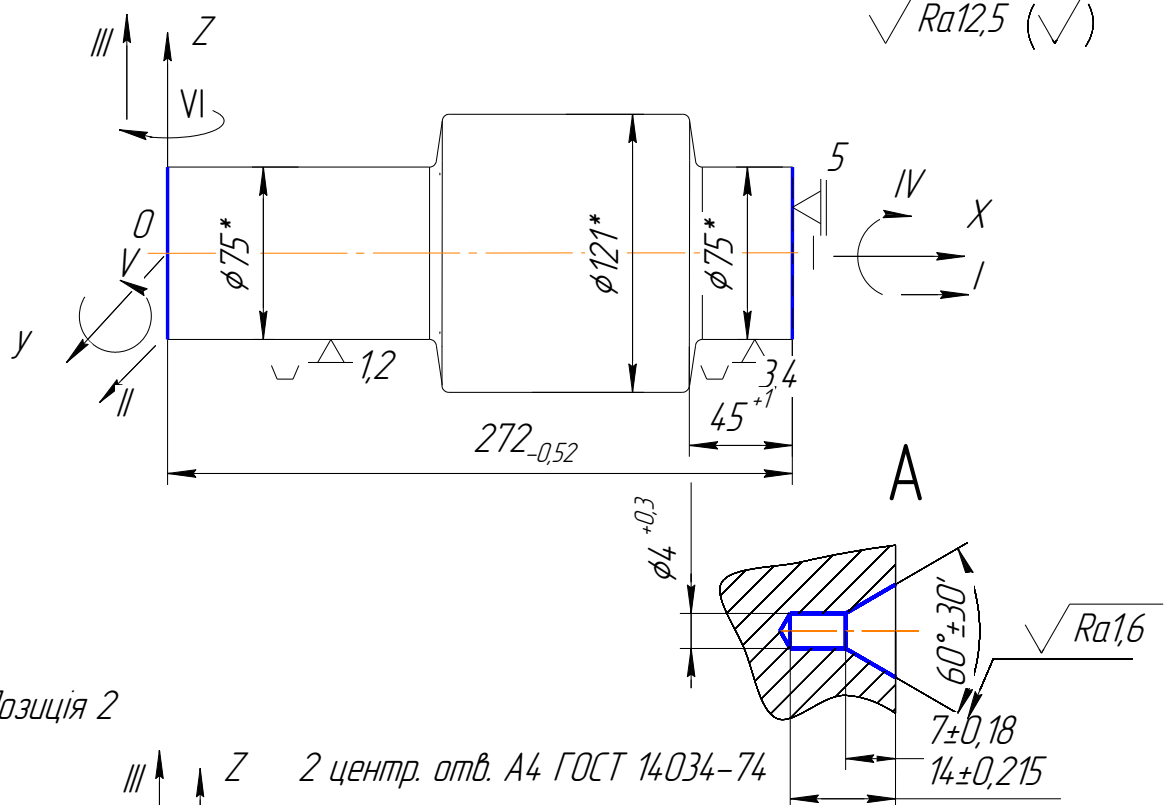


Рисунок 6.3 – Схема базування на фрезерно-центрувальній операції

Розглянемо базування заготовки в призмах з упором в торець, рисунок 6.4. По базуванню дана схема абсолютно рівноцінна попередній, але для упору в зовнішній торець необхідно використовувати відкидний упор, що конструктивно не досить технологічно, тому приймаємо першу схему базування.

					ТМ – 21850021.00.ПЗ		Арк.
							38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			

Позиція 1



Позиція 2

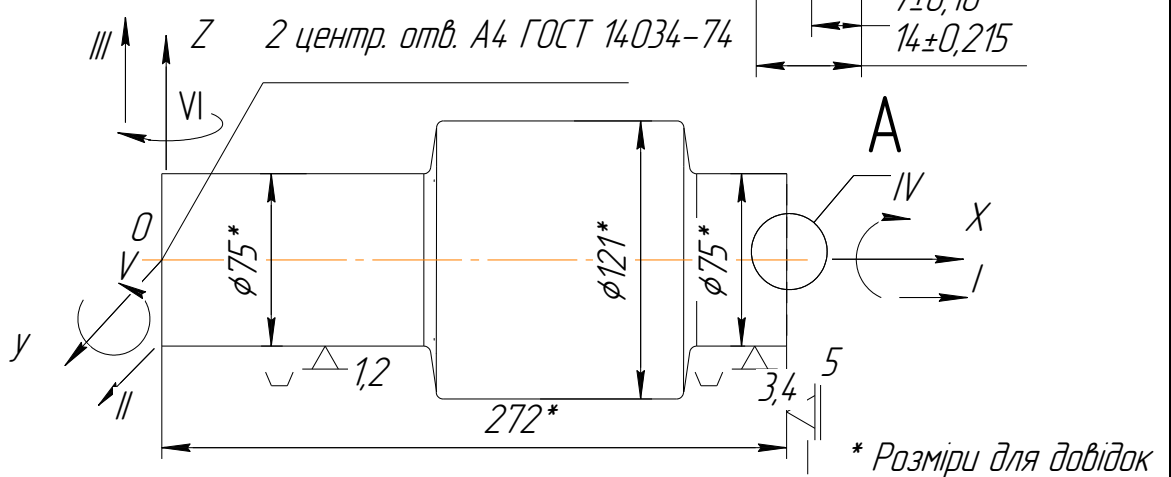


Рисунок 6.4 – Альтернативна схема базування на фрезерно-центрувальній операції

Таблиця 6.3 - Таблиця відповідностей

Зв'язки	Ступені свободи
1,2,3,4	II, III, V, VI
5	I
6	Вакансія

Таблиця 6.4 - Матриця зв'язків

	X	Y	Z	
L	1	1	0	Подвійна напрямна база
a	1	1	0	
L	0	0	1	Опорна база
a	0	0	0	
L	0	0	0	Вакансія
a	0	0	0	

Операція 025 - свердлильна.

На даній операції виконується обробка отворів на верстаті 2P135Ф2

При даній операції будемо закріплювати заготовку у призмах з упором у торець. Вал відноситься до довгих циліндричних деталей, тому зовнішня поверхня виступає у якості подвійної прямої бази (ПНБ) і полишає деталь чотирьох ступенів вільності. При даній операції технологічними базами виступають дві циліндричні поверхні $\varnothing 70,4h8$, як найточніші (виконані з припуском під шліфування). Дані поверхні знаходяться на достатній відстані одна від одної, що забезпечує надійне закріплення деталі та зменшує можливість зміщення деталі при свердлінні. Можливі два варіанти розташування опорної бази (ОБ): в першому випадку – торець $\varnothing 70$ а в другому варіанті - торець $\varnothing 85$.

На рисунках 6.5 і 6.6 представлені схеми базування по першому і другому варіантах.

Таблиця 6.5 - Таблиця відповідностей

Зв'язки	Ступені свободи
1,2,3,4	I,IV,V,II
5	III
6	Вакансія

Похибка базування виникає тоді коли технологічна і конструкційна база не співпадає. Враховуємо похибки базування для обох варіантів і вибираємо ту схему базування, яка забезпечує найменшу похибку базування.

Таблиця 6.6 - Матриця зв'язків

	X	Y	Z	
L	1	1	0	Подвійна напрямна база
a	1	1	0	
L	0	0	1	Опорна база
a	0	0	0	
L	0	0	0	Вакансія

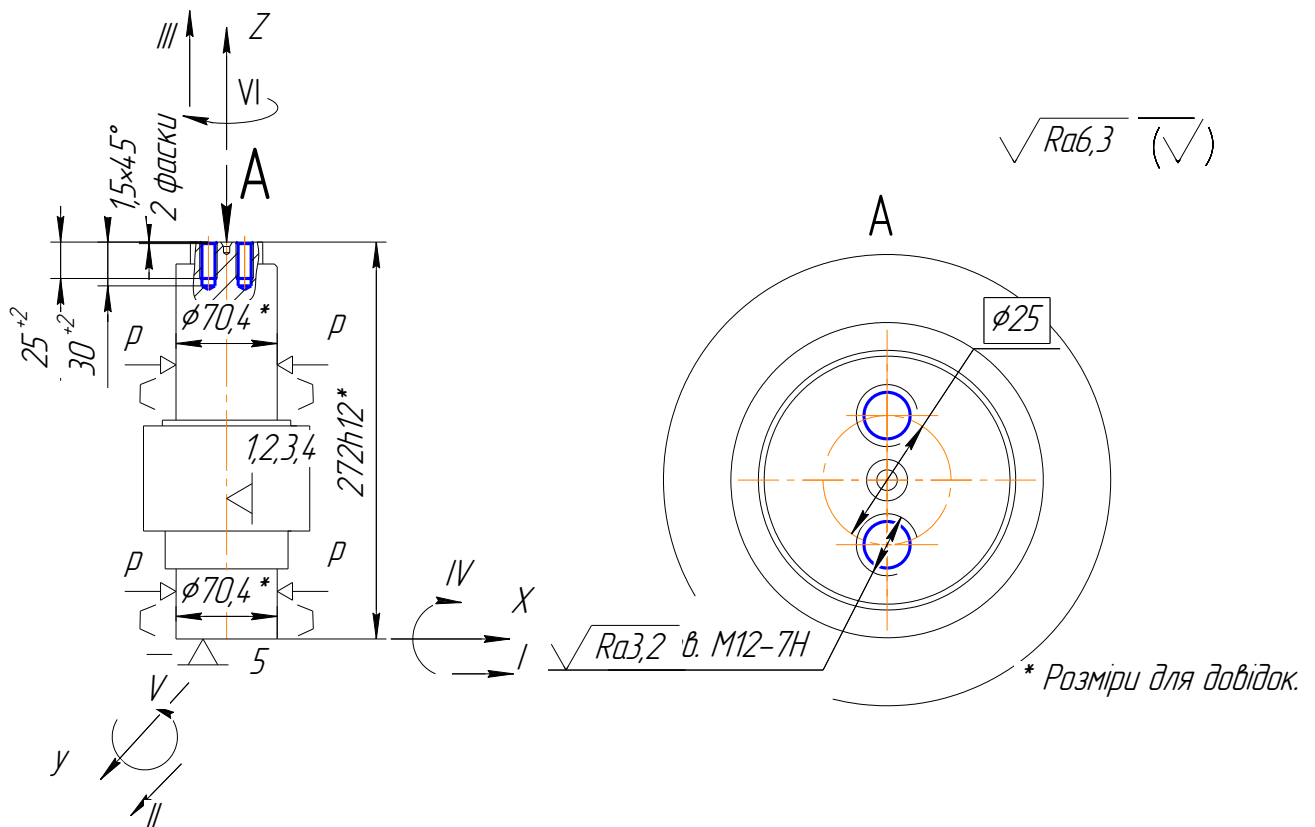


Рисунок 6.5 - Схема базування в призмах

Визначаємо похибку базування за першим варіантом.

Вимірювальною базою для розміру 272h12 мм є торцева поверхня Ø50f9. А технологічною базою є також торцева поверхня Ø70h6. Похибка базування дорівнює допуску на розмір 272 мм, що поєднує також і конструкторську базу.

В першому випадку похибка базування становить:

$$\varepsilon_{6272} = T_{272} = 0,52 \text{ мм.}$$

Визначаємо похибку базування за другим варіантом.

По другому варіанту Конструкторською базою є торець Ø50f9.

					ТМ – 21850021.00.ПЗ	Арк. 41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

А технологічною базою виступає торець на поверхні $\varnothing 85$. Похибка базування дорівнює допускам розмірів що поєднують технологічну і конструкційну базу. В даному випадку похибка базування становить:

$$\varepsilon_6 = T_{15} + T_{107} + T_{102} = 0,7 + 0,87 + 0,35 = 1,92 \text{ мм}$$

Так як при першому варіанті похибка базування складає $\varepsilon_6 = 0,52$ мм а при другому варіанті похибка базування становить $\varepsilon_6 = 1,92$ мм. Так як похибка при першому варіанті менша тому й деталь закріплюємо за першим варіантом.

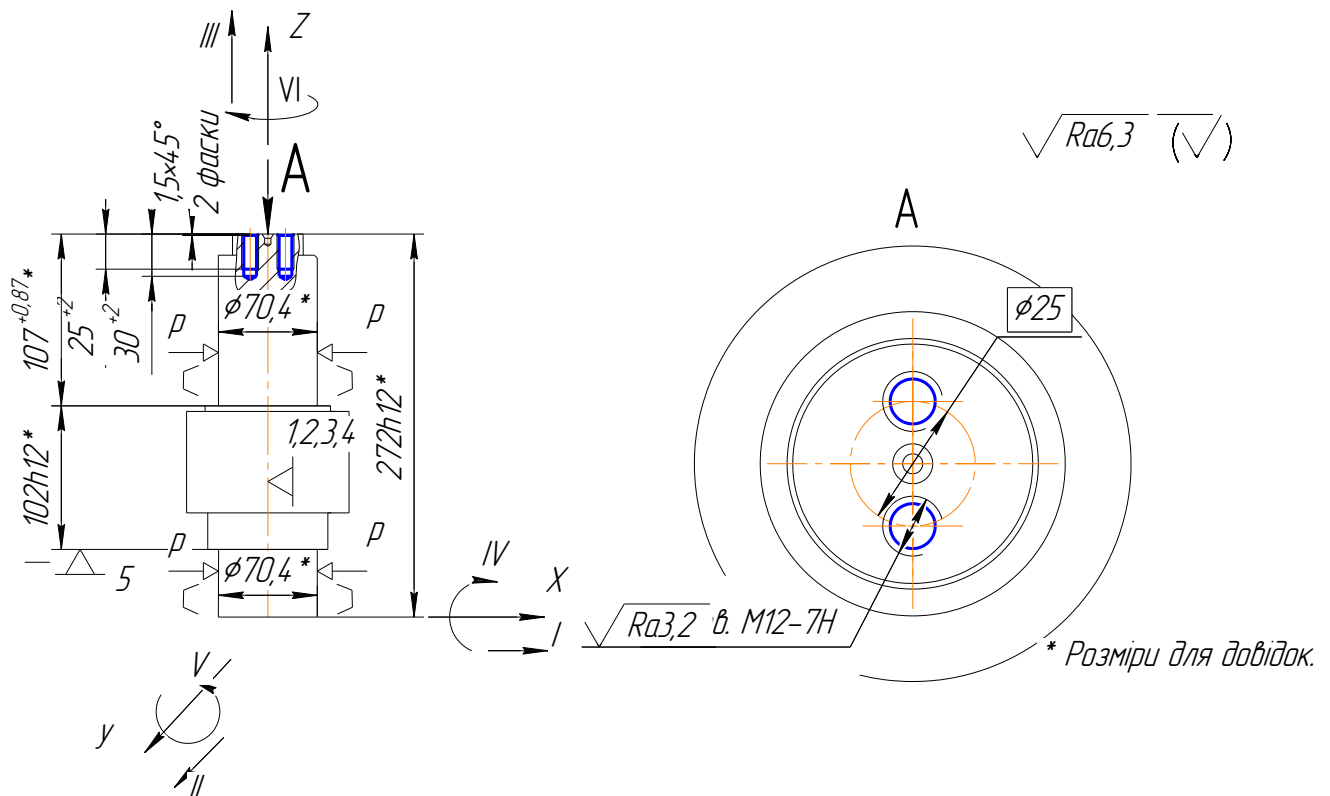


Рисунок 6.6 – Альтернативна схема базування в призмах

6.3 Обґрунтуванням вибору металорізальних верстатів

У базовому технологічному процесі для фрезерування торців та свердління центрових отворів використовується фрезерно – центрувальний верстат МР – 71М, використання якого в умовах дрібносерійного виробництва, на наш погляд, є застарілим і тому його використання є недоцільним.

Тому краще використовувати більш сучасну модель верстата, АДМ 96.

									Арк.
									42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	ТМ – 21850021.00.ПЗ				

Верстати цього типу функціонування відносяться до категорії металорізального обладнання, затребуваного у дрібносерійному та масовому виготовленні деталей довільної форми.

Вони використовуються для обробки не тільки плоских, але і фасонних заготовок, а також зубчастих коліс, валів і шпонок.

Технічні характеристики

діаметр заготовки - макс.: 8 - 70 мм

довжина заготовки: 5 - 500 мм

швидкість обертання шпинделя: 100 - 1000 U/min

діаметр заготовки - макс: Ø 70 / Pop мм

діаметр заготовки - мин: Ø 8 / Rohr мм

міцність стінок: 1 - 10 мм

висота центра: 300 мм

довжина відрізання з обертовим упором хв/макс: 5 - 500 мм

потужність : 16,0 кВт

габарити верстата : 5,8 x 1,5 x 1,7 м

розміри електричної шафи: 1300x450x1950 мм

розміри Д x Ш x В: панель керування : 0,36 x 0,30 x 0,68 м

розміри Д x Ш x В: матеріальний блок: 5,5 x 0,95 x 1,15 м

Інші особливості :

- швидкість обертання торцьової головки плавно 100 - 1000 об/хв
- подача неперервна, 0 - 0,3 мм/об,
- подача пристрою для видалення заусенців подача бесступенчатая 0 - 175 мм/сек.
- швидкість подачі матеріалу 170 мм / сек.

Керування здійснюється через панель оператора.

					ТМ – 21850021.00.ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Операція 025 – свердлильна з ЧПК.

На операції пропонується застосувати свердлильно-фрезерний верстат з ЧПК моделі Knuth Mark Super SV, який має наступні особливості:

- потужність і безступінчасте регулювання швидкості розширюють діапазон застосування
- 2 ступені коробки швидкостей і стабільна система регулювання частоти гарантують досягнення високого крутного моменту для інтенсивної обробки
- вибрана частота обертання шпинделя виводиться на панелі управління
- точно оброблена станина верстата з сірого чавуну з регульованими по усіх осях що направляють типу "ластівчин хвіст"
- 3-ступінчаста автоматична подача пінолі
- безшумний хід і довгий термін служби завдяки тому, що передатний механізм приводу виготовлений із загартованої сталі
- безступінчасте регулювання приводу подачі по вісі X

Свердлильно-фрезерний верстат з ЧПК моделі Knuth Mark Super SV (301490) має такі основні технічні характеристики:

- Найбільший діаметр свердління в сталі 200, мм
- Відстань від вісі вертикального шпинделя до напрямних стійки 500, мм
- Найбільший діаметр фрези 120 мм
- Поздовжнє переміщення столу по напрямних санчат (Ось X), мм 280
- Поперечне переміщення санчат по напрямних станини за програмою (Ось Y), мм 400
- Найбільше переміщення шпиндельної бабки за програмою (вісь Z), мм 620
- Частота обертів шпинделя знаходиться в межах від 35 до 3000 за хвилину
- Кількість інструментів, які можна установити на верстаті 18
- Потужність електродвигуна головного приводу – 5,3 кВт
- Розміри верстата: довжина, ширина, висота, мм 1700x1900x2000 мм

Зважаючи на характеристики, вважаємо, що свердлильно-фрезерний верстат з ЧПУ моделі Knuth Mark Super, тому що він більш сучасний, має

					ТМ – 21850021.00.ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

оптимальну потужність, ширші технологічні можливості та більш досконалу систему ЧПК, ніж верстат 2P135Ф2.

6.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів

Операція 010 – фрезерно-центрувальна.

- переналагоджуване пристосування верстату – призми та прихвати;
- свердло 2317-0001 Р6М5 ГОСТ 14952-72 – свердло комбіноване А4;
- патрон 1-40-12-90 ГОСТ 26539-85 – патрон цанговий для закріплення центрувального свердла;
- фреза 2214-0159 Т15К6 ГОСТ 9473-80 – фреза торцева діаметром 125 мм;
- оправка 6221-033 ГОСТ 13041-83 – оправка перехідна для закріплення фрези в шпинделі верстату;
- калібр для контролю конуса отвору;
- штангенциркуль ШЦ-I-300-0,1 ГОСТ 166-89 – необхідний для контролю виконаних поверхонь на операції.

Операція 025 – свердлильна з ЧПК.

- пристрій спеціальний – пристрій котрий дозволяє реалізувати схему базування та закріпити заготовку;
- свердло 2314-0020 Р6М5 ГОСТ 14952-75 – спіральне циліндричне свердло Ø10,2 з конічним хвостовиком;
- Зенківка 2357-0010 Р6М5 ГОСТ 14953-80 – зенківка для отримання фасок під кутом 90° з конічним хвостовиком;
- Мітчик 2620-3735 Р6М5 ГОСТ 3266-81 – мітчик М12-7Н;
- Оправка 6100-0129 ГОСТ 13598-85 – перехідна оправка конус Морзе №2-№4 для установки свердла та зенківки в шпиндель верстату;
- Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89 – для контролю глибини отримуваних отворів.

					ТМ – 21850021.00.ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

6.5 Розрахунок режимів різання

Операція 010 – фрезерно-центрувальна.

Розрахунок проводимо згідно довідника [4].

Для обробки обираємо стандартну торцеву фрезу діаметром $D = 125$ мм та кількістю зубів $z=10$, шириною фрезерування $B = 75$ мм.

Призначаємо режими різання для фрезерного переходу :

Встановлюємо глибину різання $t = 3,5$ мм.

Визначаємо подачу на один зуб фрези S_z (табл. 33 с. 283). Для обробки сталі фрезою, з матеріалу Т15К6, приймаємо подачу $S_z=0,09$ мм/зуб.

Призначаємо період стійкості фрези (табл. 40 с. 290).

Приймаємо період стійкості $T = 180$ хв.

Визначаємо швидкість різання за формулою:

$$V = \frac{C_v \cdot D^g}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} K_v, \text{ м/хв.} \quad (6.5)$$

де $C_v=332$, $g= 0,2$, $x= 0,1$, $y= 0,4$, $u= 0,2$, $p= 0$, $m =0,2$ - коефіцієнти і показники у формулі швидкості різання визначаємо по табл.39 с. 286;

Поправний коефіцієнт K_v визначаємо за формулою:

$$K_v = K_{Mv} \times K_{Пv} \times K_{Иv}, \quad (6.6)$$

де K_{Mv} - поправочний коефіцієнт, що враховує вплив фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу (табл.1 с. 261);

$$K_{Mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} \quad (6.7)$$

n_v – показник степеню; приймаємо $n_v = 1,0$ (табл. 2 с. 262)

$$K_{Mv} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{880} \right)^1 = 0,8$$

$K_{Пv}$ - коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки на швидкість різання;

Приймаємо $K_{Пv} = 1,0$ (табл. 5 с. 263)

					ТМ – 21850021.00.ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

K_{IV} - коефіцієнт, що враховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання; $K_{IV} = 1,0$ (табл. 6 с. 263)

$$K_V = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,8$$

З урахуванням поправочних коефіцієнтів визначаємо швидкість різання:

$$V = \frac{332 \cdot 125^{0,2}}{180^{0,2} \cdot 3,5^{0,1} \cdot 0,09^{0,4} \cdot 75^{0,2} \cdot 10^0} \cdot 0,8 = 125 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \text{ об/хв.} \quad (6.8)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 125}{3,14 \cdot 125} = 318 \text{ об/хв.}$$

Корегуємо значення частоти обертання шпинделя з паспортом верстата $n=300$ об/хв. – без ступінчата коробка швидкостей. З урахуванням прийнятої частоти швидкість різання визначаємо за формулою:

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 125 \cdot 300}{1000} = 118 \text{ м/хв.} \quad (6.9)$$

Визначаємо швидкість руху подачі за формулою:

$$V_s = S_z \cdot z \cdot n, \text{ мм/хв.} \quad (6.10)$$

де S_z – подача на один зуб фрези, мм/зуб .

z – кількість зубів фрези

$$V_s = 0,09 \cdot 10 \cdot 300 = 270 \text{ мм/хв.}$$

Коректуємо швидкість руху подачі за паспортними даними верстата.

Приймаємо $V_s = 250 \text{ мм/хв.}$

Тоді дійсна подача на зуб фрези:

$$S_z = \frac{V_s}{n \cdot z} = \frac{250}{300 \cdot 10} = 0,08, \text{ мм/зуб} \quad (6.11)$$

					ТМ – 21850021.00.ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Визначаємо силу різання за формулою:

$$P_z = \frac{10C_p t^x S_z^y B^n z}{D^g n^w} K_{mp}, \text{ Н.} \quad (6.12)$$

де $C = 825$, $q = 1,3$, $x = 1,0$, $y = 0,75$, $u = 1,1$, $w = 0,2$ - коефіцієнти і показники у формулі сили різання (табл. 41 с. 291);

K_{mp} - поправочний коефіцієнт (табл. 9 с. 264) що враховує вплив якості оброблюваного матеріалу на силові залежності, розраховується за формулою:

$$K_{mp} = (880/750)^{0,3} = 1,1. \quad (6.13)$$

З урахуванням поправочних коефіцієнтів сила різання дорівнюватиме:

$$P_z = \frac{10 \cdot 825 \cdot 3,5^{1,0} \cdot 0,08^{0,75} \cdot 75^{0,2}}{125^{1,3} \cdot 300^{0,2}} \cdot 1,1 = 679 \text{ Н}$$

Потужність різання визначається за формулою:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{679 \cdot 118}{1020 \cdot 60} = 1,3 \text{ кВт.} \quad (6.14)$$

Так як потужність різання менше потужності верстата ($N_{piz} < N_{ст} \eta$, $1,3 < 3,7$), отже обробка можлива.

Визначаємо основний час, тобто час на безпосередню обробку за формулою:

$$T_o = \frac{L}{V_s} i, \text{ хв.} \quad (6.15)$$

де L - робочий хід фрези, мм;

l_1 - довжина врізання і перебігу, мм.

$$L = y + \Delta + l_1, \text{ мм} \quad (6.16)$$

$$y = 0,5D = 0,5 \cdot 125 = 62,5 \text{ мм}; \Delta = 3 \text{ мм}; l_1 = 62,5 + 3 = 65,5 \text{ мм}$$

$$T_o = \frac{75 + 65,5}{250} = 0,6 \text{ хв.}$$

Режим різання на позицію II (свердління центрових отворів) розраховуємо аналогічно, результат розрахунків заносимо до табл.6.10.

					ТМ – 21850021.00.ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Таблиця 6.10 – Параметри режимів обробки на операцію 010

Номер і текст переходу	Параметри режимів обробки					L, мм	То,
	t, мм	S, мм/об	n, об/хв.	V, м/хв.	i		
Фрезерувати торці , витримати розмір 272мм	3,5	0,8	300	118	1	140,5	0,6
Свердлити центрові отвори форми А ГОСТ А4	4	0,12	500	28	1	18	0,1
Всього							0,7

Операція 025 – свердлильна з ЧПК.

Розрахунок проводимо згідно довідника [4].

Проведемо розрахунок аналітичним методом свердління отвору Ø10,2 мм.

Вихідні данні: матеріал сталь 20X2H4A з межею міцності $S_B=880$ МПа,
матеріал ріжучої частини свердла Р6М5, верстат – свердлильний з ЧПК моделі
Knuth Mark Super SV

Глибина різання дорівнює $t = \frac{10,2}{2} = 5,1$ мм.

Подача складатиме $S_T = 0,18$ мм/об, з урахуванням коефіцієнтів

$K_I=1,0$ – коефіцієнт на глибину;

$K_O=0,8$ – коефіцієнт на якість поверхні;

$K_{ж}=0,75$ – коефіцієнт жорсткості системи ТС;

$K_i=1,0$ – коефіцієнт враховуючий матеріал ріжучого інструменту, тоді

$S=0,28 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 0,75 \cdot 1,0=0,21$, приймаємо $S_{пр}=0,18$ мм/об.

Знаходимо швидкість різання за формулою:

$$V = \frac{C_V D^g}{T^m S^y} K_V, \text{ м/хв.} \quad (6.17)$$

де T – період стійкості свердла, хв. Приймаємо T=20 хв. (табл. 30, с. 279,)

Коефіцієнт $C_V=7,0$ та показники степенів, $g=0,4$, $y=0,7$ $m=0,2$ знаходимо за (табл.28, с.278);

K_V – поправочний коефіцієнт на швидкість різання, враховуючий фактичні умови різання та знаходиться за формулою:

									Арк.
									49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	ТМ – 21850021.00.ПЗ				

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{lv} \cdot K_{nv} \cdot K_{Lv} \quad (6.18)$$

де K_{mv} - коефіцієнт, який враховує властивості обробленого матеріалу (табл. 1-2, с.261,):

$$K_{Mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1.0 \cdot \left(\frac{750}{880} \right)^{0.9} = 0,86 \quad (6.19)$$

де $K_r=1,0$, $n_v=0,9$ (табл. 2, стр.262,)

K_{lv} - коефіцієнт, що враховує властивості матеріалу вплив матеріалу(табл. 6, с. 263), $K_{lv}=1.0$

K_{nv} - коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки (табл. 5, с. 263),

$$K_{nv}=1,0$$

K_{Lv} – коефіцієнт, що враховує глибину свердління (табл.31, с. 280,)

$$K_{Lv} = 0,9$$

$$K_v = 0,86 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 1 = 0,731.$$

З урахуванням показників знаходимо швидкість різання:

$$v = \frac{7.0 \cdot 10,2^{0,40}}{20^{0,2} \cdot 0,18^{0,7}} \cdot 0,7 = 22,8 \text{ м/хв}$$

Знаходимо частоту обертання шпинделя по формулі

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \text{ об/хв.} \quad (6.20)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 22,8}{3,14 \cdot 10,2} = 712 \text{ об/хв.}$$

Коректуємо значення обертання шпинделя з паспортним $n^{\text{п}} = 450$ об/мин.

З урахуванням прийнятого значення розраховуємо фактичну швидкість різання по формулі

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}, \text{ м/хв.} \quad (6.21)$$

					ТМ – 21850021.00.ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$v = \frac{3,14 \cdot 450 \cdot 10,2}{1000} = 14,4 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо крутний момент при свердлінні:

$$M_{кр} = 10 C_M \times D^q \times S^y \times K_p, \text{ Нм.} \quad (6.22)$$

де $C_M = 0,0345$, $q = 2,0$, $y = 0,8$ – коефіцієнти та показники (табл.32, с. 261,);

K_p – поправочний коефіцієнт враховуючий вплив оброблюємого матеріалу;

$$K_p = (\sigma_B / 750)^n, \quad (6.23)$$

де $n = 0,3$ – показник (табл. 9 с. 264).

$$K_p = (\sigma_B / 750)^n = (880 / 750)^{0,3} = 1,1.$$

З урахуванням поправочних коефіцієнтів маємо:

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 10,2^{2,0} \cdot 0,18^{0,8} \cdot 1,1 = 10,1 \text{ Нм.}$$

Знаходимо осьове зусилля по формулі:

$$P_o = C_p \times D^q \times S^y \times K_p, \text{ Н.} \quad (6.24)$$

де $C_p = 68$, $q = 1,0$, $y = 0,7$ – коефіцієнти та показники сил різання (табл. 32.с. 281,)

$$P_o = 68 \cdot 10,2 \cdot 0,18^{0,7} \cdot 1,1 = 300 \text{ Н.}$$

Знаходимо потужність необхідну для обробки по формулі:

$$N_p = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{10,1 \cdot 450}{9750} = 0,5 \text{ кВт.} \quad (6.25)$$

Потужність різання менше потужності верстата з урахуванням КПД (0,8) ($0,5 < 3,7 \cdot 0,8$ кВт), обробка можлива.

Розраховуємо основний час по формулі:

$$T_o = \frac{L}{n S_o} i, \text{ хв.} \quad (6.26)$$

де L – довжина обробки з урахуванням врізання, мм;

n – частота обертів шпинделя, об/хв;

S – подача, мм/об;

i – кількість проходів.

					ТМ – 21850021.00.ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$T_0 = \frac{38}{450 \cdot 0,18} 1 = 0,5 \text{ хв.}$$

Таблиця 6.11 – Параметри режимів обробки на операцію 025

Номер і текст переходу	Параметри режимів обробки					L, мм	T ₀
	t, мм	S, мм/об	n, об/хв..	V, м/хв..	i		
Свердлити ø10,2	5,1	0,18	450	14,4	1	38	0,5
Зенкувати	1,5	0,2	450	16,9	1	10	0,2
Нарізати М12-7Н	0,1	1,75	50	1,8	2	27	0,3
Всього							1

6.6 Технічне нормування операцій

Операція 010 – фрезерно-центрувальна.

При дрібносерійному виробництві технічне нормування операції полягає у визначенні штучно-калькуляційного часу за формулою:

$$T_{шт-к} = \frac{T_{п.з.}}{n} + T_{шт}, \text{ хв.} \quad (6.27)$$

де $T_{п.з.}$ – підготовчо-заклучний час;

$T_{шт}$ – штучний час; хв

$n = 28$ – кількість деталей у партії.

Визначаємо підготовчо-заклучний час за формулою:

$$T_{пз} = T_{пз1} + T_{пз2}, \text{ хв.} \quad (6.28)$$

де $T_{пз1} = 15$ хв. – час на наладку верстата і встановлення пристрою;

$T_{пз2} = 10$ хв. – час на допоміжні прийоми.

$$T_{пз} = 15 + 10 = 25 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час за формулою:

$$T_{шт} = T_0 + T_d + T_{об.} + T_{відп.}, \text{ хв.} \quad (6.29)$$

де $T_o=0,7$ хв. – основний (технологічний) час;

T_d – допоміжний час;

$T_{об.}$ – час обслуговування робочого місця;

$T_{відп.}$ – час, на відпочинок робітника.

Визначаємо допоміжний час [дод. 5, ст. 197]:

$$T_d = T_{уст} + T_3 + T_{уп} + T_{вим.}, \text{ хв.} \quad (6.30)$$

де $T_{уст}=1,1$ хв. – час на установку і зняття заготовки, (дод.5.1, стр.197);

$T_3=2,4$ хв. – час на закріплення та відкріплення деталі, (дод .5.7, стр.201);

$T_{уп} = 3,5$ хв. – час на управління верстатом,(дод.5.8, стр.202);

$T_{вим} = 1,2$ хв. – час на вимірювання (дод.5.12(5.15), стр.197(209));

$$T_d = 1,1 + 2,4 + 3,5 + 1,2 = 8,2 \text{ хв.}$$

Визначаємо оперативний час:

$$T_{оп} = T_o + T_d, \text{ хв.} \quad (6.31)$$

$$T_{оп} = 8,2 + 0,7 = 8,9 \text{ хв.}$$

Визначаємо час обслуговування робочого місця (дод.5.20, стр.212);

$$T_{об} = T_{оп} \cdot 4\%, \text{ хв.} \quad (6.32)$$

$$T_{об} = 8,9 \cdot 0,04 = 0,4 \text{ хв.}$$

Визначаємо час на відпочинок робітника (дод.5.22, стр.213);

$$T_{від} = T_{оп} \cdot 6\%, \text{ хв.} \quad (6.33)$$

$$T_{від} = 8,9 \cdot 0,06 = 0,5 \text{ хв.}$$

Штучний час: $T_{шт} = 8,8 + 0,5 + 0,4 = 9,7$ хв.

Штучно-калькуляційний час дорівнює:

$$T_{шт-к} = 25/28 + 9,7 = 10,5 \text{ хв.}$$

					ТМ – 21850021.00.ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Операція 025 – свердлильна з ЧПК.

При дрібносерійному виробництві технічне нормування операції полягає у визначенні штучно-калькуляційного часу за формулою:

$$T_{ш-к} = \frac{T_{п.з.}}{n} + T_{шт}, \text{ хв.} \quad (6.34)$$

де $T_{п.з.}$ – підготовчо-заклучний час;

$T_{шт}$ – штучний час;

$n = 28$ – кількість деталей у партії.

Визначаємо підготовчо-заклучний час:

$$T_{пз} = T_{пз1} + T_{пз2}, \text{ хв.} \quad (6.35)$$

де $T_{пз1} = 18$ хв. – час на наладку верстата і встановлення пристрою;

$T_{пз2} = 12$ хв. – час на допоміжні прийоми.

$$T_{пз} = 18 + 12 = 30 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час за формулою:

$$T_{шт} = T_o + T_d + T_{об.} + T_{відп.}, \text{ хв.} \quad (6.36)$$

де $T_o = 1$ хв. – основний (технологічний) час;

T_d – допоміжний час;

$T_{об.}$ – час обслуговування робочого місця;

$T_{відп.}$ – час, на відпочинок робітника.

Визначаємо допоміжний час [2, дод. 5, ст. 197]:

$$T_d = T_{уст} + T_3 + T_{уп} + T_{вим.}, \text{ хв.} \quad (6.37)$$

де $T_{уст} = 1$ хв. – час на установку і зняття заготовки, (дод.5.1, стр.197);

$T_3 = 2$ хв. – час на закріплення та відкріплення деталі, (дод .5.7, стр.201);

$T_{уп} = 2,2$ хв. – час на управління верстатом,(дод.5.8, стр.202) ;

$T_{вим} = 1,5$ хв. – час на вимірювання (дод.5.12(5.15), стр.197(209)).

$$T_d = 1 + 2 + 2,2 + 1,5 = 6,7 \text{ хв.}$$

Визначаємо оперативний час:

$$T_{оп} = T_o + T_d, \text{ хв.} \quad (6.38)$$

$$T_{оп} = 6,7 + 1 = 7,7 \text{ хв.}$$

Визначаємо час обслуговування робочого місця (дод.5.20, стр.212);

$$T_{об} = T_{оп} \cdot 4\%, \text{ хв.} \quad (6.39)$$

$$T_{об} = 7,7 \cdot 0,04 = 0,4 \text{ хв.}$$

Визначаємо час на відпочинок робітника (дод.5.22, стр.213);

$$T_{від} = T_{оп} \cdot 6\%, \text{ хв.} \quad (6.40)$$

$$T_{від} = 7,7 \cdot 0,06 = 0,3 \text{ хв.}$$

Штучний час: $T_{шт} = 7,7 + 0,4 + 0,3 = 8,4 \text{ хв.}$

Штучно-калькуляційний час дорівнює: $T_{шт-к} = 25/28 + 8,4 = 9,3 \text{ хв.}$

					ТМ – 21850021.00.ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

7 ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ УСТАНОВЛЕННЯ І ЗАКРІПЛЕННЯ ЗАГОТОВКИ

Проектування верстатного пристрою на свердлильну операцію.

Застосування спеціального пристосування з механізованим приводом дозволить знизити трудомісткість обробки, підвищити стабільність точність параметрів операції. Орієнтовно в заданих умовах слід визнати найбільш раціональної систему нерозбірних спеціальних пристосувань (НСП).

Розрахунок проводимо згідно довідника [1].

Дана операція виконується на верстаті моделі Knuth Mark Super SV.

Уточнення мети технологічної операції.

На даній операції повинні формуватися такі розміри: 2 отвори $\varnothing 10,2$ мм.

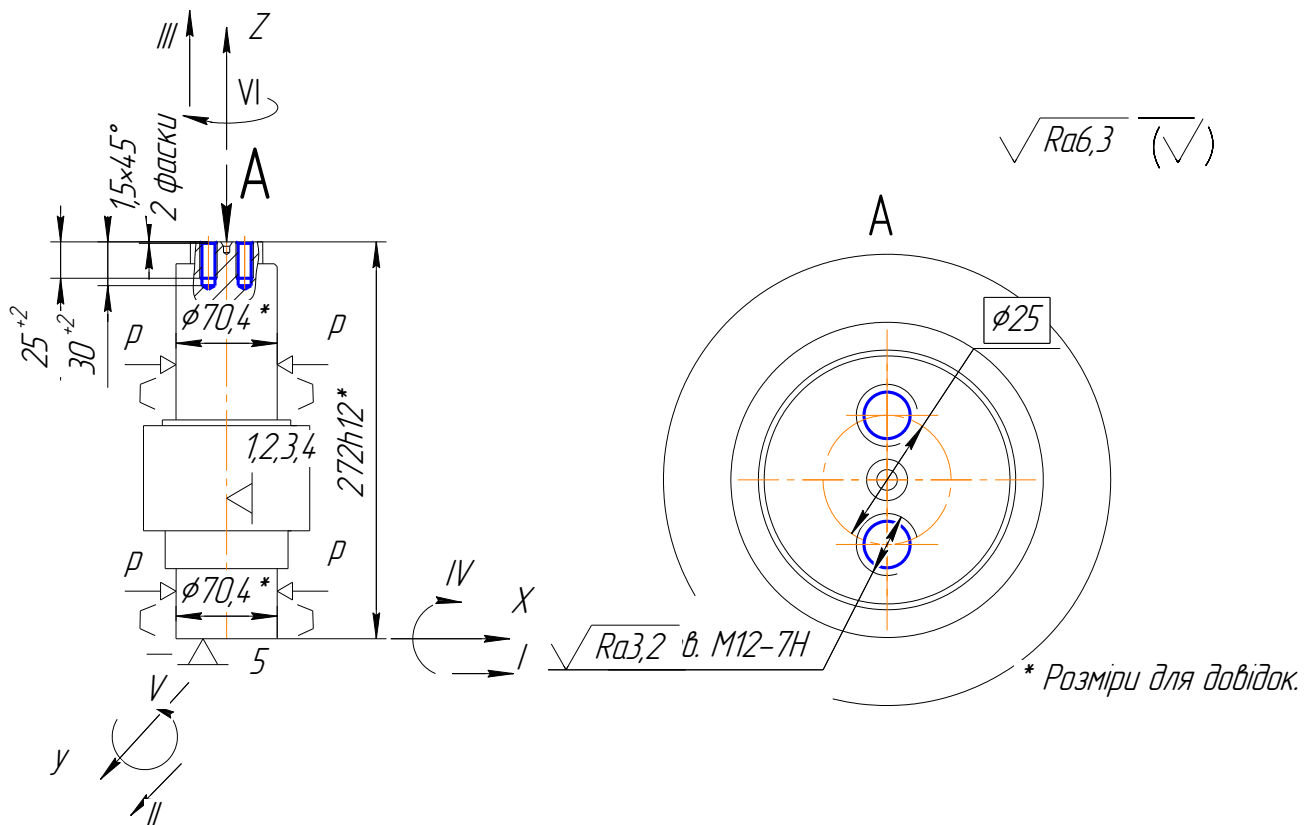


Рисунок 7.1 - Схема базування заготовки на операції свердлильній

					ТМ – 21850021.00.ПЗ	Арк. 56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Отвори $\varnothing 10,2$ мм відповідно до технічних вимог на виготовленні деталі відповідають 14 квалітету точності .

$T_{\varnothing 10,2} = 360$ мкм

Точність лінійних розмірів аналізувати недоцільно, тому що отвори не наскрізні.

Шорсткість оброблюваних поверхонь.

Шорсткість оброблюваних поверхонь, яка вказана на кресленні, має значення 6,3 мкм за критерієм Ra.

Аналіз базових поверхонь.

Конструкція пристосування буде припускати базування заготовки по торцю і по зовнішній циліндричній поверхні $\varnothing 70h6$.

Згідно креслення циліндрична поверхня $\varnothing 70$ обробляється по IT6. Згідно з знаходимо значення допуску: $T_{\varnothing 70} = 19$ мкм.

Це означає, що діаметр виконаний з параметрами $\varnothing 70h6 (0; -0,019)$. Дану поверхню можна використовувати як подвійну опорну базу.

Шорсткість базових поверхонь.

Шорсткість поверхні, зазначена на кресленні для діаметра $\varnothing 70h6$ відповідає за критерієм Ra 2,5 мкм, що є достатнім досягнення необхідної точності.

У проектованому пристосуванні планується обробляти заготовки з базовими поверхнями саме такими розмірів з вказаними параметрами точності. Іншими словами, адаптивні властивості настановних елементів пристосування повинні знаходитися в межах допусків зазначених розмірів.

Визначення умов в яких буде виготовлятися і експлуатуватися проектоване пристосування.

Річна програма випуску визначена в 300 деталей. Така програма з урахуванням трудомісткості передбачає дрібносерійний тип виробництва. Але проектування даного пристосування проводиться в навчальних цілях.

Заготівка буде оброблятися на свердлильному верстаті з ЧПК 2P135Ф2.

Паспортні дані верстата наведені в пункті 6.3.

					ТМ – 21850021.00.ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Обробка на даній операції здійснюється свердлом Ø10,2 мм. Пристосування має обслуговуватися верстатником 3-го розряду.

Аналіз схем базування та закріплення був виконаний раніше.

Розрахунок сил закріплення.

Розрахуємо коефіцієнт запасу за формулою з:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \quad (7.1)$$

$K_0=1,5$ – коефіцієнт гарантування запасу

Коефіцієнт, що враховує наявність випадкових нерівностей на поверхні заготовки. $K_1 = 1.2$ - Що враховує збільшення сил різання від випадкових нерівностей на оброблюваних поверхнях по

$K_2 = 1.5$ - Коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання от прогресуючого затуплення ріжучого інструменту.

$K_3 = 1$ - Коефіцієнт, що враховує зміну сил обробки при перервному точінні

$K_4 = 1,2$ - Коефіцієнт, що враховує непостійність сил що розвиваються приводами

$K_5 = 1.2$ - коефіцієнт, що характеризує економіку затискних механізмів

Коефіцієнт K_6 в даному випадку не враховується

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,5 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,2 = 3,8$$

Виходячи з того, що найбільша сила та крутний момент будуть виникати при свердлінні отвору Ø10,2 мм розрахунок сили затиску будемо проводити саме по критерію величини сил та моментів, що виникають при обробці даної поверхні. Осьова сила P_0 при цьому буде діяти радіально, тому в розрахунках її можна не враховувати.

З попередніх розрахунків $M_{кр}=10,1$ Нм

Складемо рівняння моментів сил і визначимо силу закріплення W .

$$W = \frac{K \cdot M_{кр}}{\frac{1}{3} \cdot f \cdot (D^3 - d^3)}, \quad (7.2)$$

де W - сила затиску деталі;

					ТМ – 21850021.00.ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$M_{кр}$ - крутний момент на свердлі, кгс· мм;

f – коефіцієнт тертя на робочих поверхнях затискачів (для гладких поверхонь $f = 0,25$);

K – коефіцієнт запасу.

Виразимо силу закріплення W

$$W = \frac{3,8 \cdot 10,1}{\frac{1}{3} \cdot 0,15 \cdot \left(\frac{0,25^3 - 0,016^3}{0,25^2 - 0,016^2} \right)} = 1834,0 \text{ Н}$$

Обґрунтування вибору приводу.

Для розкріплення досить ходу 5-10 мм, отже, раціонально вибрати поршневу пневмокамеру двобічної дії з діаметром діафрагми визначається за формулою :

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{W}{p}} = 1,13 \times \sqrt{\frac{18340}{0,4}} = 242 \text{ мм} \quad (7.3)$$

де $p = 0,4$ МПа - тиск повітря в мережі.

Конструктивно приймаємо згідно ГОСТ 6540-68 діаметр $D = 250$ мм.

Отже розраховуємо фактична силу закріплення при діаметрі пневмокамери 250 мм по ГОСТ.

$$W_{\phi} = \frac{D^2 \times p}{1,13^2} = \frac{250^2 \times 0,4}{1,13^2} = 1958,0 \text{ Н}$$

Точні розрахунки пристосування.

З інформаційної точки зору розрахунки допусків на виготовлення елементів пристосування являють собою перетворення інформації про обробки поверхонь деталі на даній операції в точнісні до пристосування.

Перш ніж приступити до розрахунку точності, визначимо розрахункові параметри, які більшою мірою впливають на досягнення заданих допусків оброблення деталі.

Деталь базується на даній операції по поверхням $\text{Ø}70\text{h}6$, тобто можна говорити про те що технологічна та вимірювальна бази збігаються.

					ТМ – 21850021.00.ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Визначимо допустиму похибку на перпендикулярність верхнього торця склянки до настановної поверхні плити за формулою 7.4

Більшість складових, що входять у дану формулу, являють собою поля розсіювання випадкових величин, тому їх підсумовуємо у загальному випадку за правилом геометричного додавання.

$$\varepsilon_{np} = T - K_T \sqrt{(K_{T1} \cdot \varepsilon_{\delta})^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_n^2 + \varepsilon_{zn}^2 + (K_{T2} \cdot \omega)^2 + \varepsilon_{noz}^2} \quad (7.4)$$

Розглянемо більш докладно складові, що входять у дану формулу.

- $T = 360$ мкм – найбільш жорсткий допуск розташування або розміру;
- $K_T = 1,2$ - коефіцієнт що враховує можливий відступ окремих складових від нормального закону розподілу випадкових величин;
- $K_{T1} = 0,85$ - коефіцієнт, що враховує деяке зменшення граничного значення похибки базування;
- $\varepsilon_{\delta} = 0$ - похибка базування (свердлимо наскрізний отвір $\varnothing 10,2$);
- $\varepsilon_3 = 43$ мкм - похибка закріплення;
- $\varepsilon_y = 20$ мкм - похибка установки пристрою на верстаті;
- $\varepsilon_n = 0$ - похибка перекосу інструмента (відсутні постійні або змінні напрямні втулки);
- $\varepsilon_{zn} = 0$ – похибка зношування
- $K_{T2} = 0,7$ – коефіцієнт що враховує можливість появи похибки обробки;
- $\omega = 150$ мкм - значення допуску для 12 квалітету середньої економічної точності свердління для розміру 8 мм;
- $\varepsilon_{noz} = 50$ мкм - похибка позиціювання (відповідно до паспорта верстата).

Тоді розрахункове значення похибки пристрою буде дорівнювати:

$$\varepsilon_{np} = 360 - 1,2 \sqrt{0^2 + 43^2 + 20^2 + 0^2 + 0^2 + (0,7 \cdot 150)^2 + 50^2} = 156 \text{ (мкм)}.$$

З урахуванням стандартного ряду беремо допуск перпендикулярності.

$T = 160$ мкм.

					ТМ – 21850021.00.ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

За ГОСТ 24643-81 приймаємо найближче менше значення допуску перпендикулярності.

Найближче стандартне значення допуску паралельності по ГОСТ 24643-81 160 мкм для діапазону розмірів 16-25 мм, в який входить розмір Ø70 - перпендикулярності, відповідає 6-й ступені точності.

Опис пристрою і принципу дії пристосування.

Пристосування у збірці має задовольняти технічним вимогам креслення загального вигляду і забезпечувати якісну обробку заготовки по заданих розмірах.

Пристрій складається з плити під якою змонтована пневмокамера і на якій встановлено стакан. При подачі стисненого повітря в верхню порожнину відбувається закріплення заготовки. Подача повітря здійснюється через триходовий розподільний кран. При відключенні подачі повітря по-засобом перемикачання триходового крана відбувається процес розкріплення заготовки (камера двосторонньої дії).

Розрахунок на міцність.

Розраховуємо на міцність різьблення штока. По конструктивних міркувань і попередньої компонованні пристосування прийmemo різьбу на штоку М16х1,75-6g. Сила на штоку $W = 19580$ Н, матеріал гвинта - Сталь 40 ГОСТ 1050-88.

Внутрішній діаметр різьби розраховується за формулою:

$$d_B = d_n - (0,541P) \cdot 2 \quad (7.5)$$

де d_n – зовнішній діаметр різьби;

P – шаг різьби.

$$d_g = 16 - (0,541 \cdot 1,75) \cdot 2 = 14,1065 \text{ мм}$$

Мінімальна площа поперечного перерізу різьби розраховується за формулою:

$$S_{\min \text{pez}} = \frac{\pi d_g^2}{4} \quad (7.6)$$

де d_B – внутрішній діаметр різьби.

					ТМ – 21850021.00.ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$S_{\min \text{pez}} = \frac{\pi \cdot 14,1065^2}{4} = 156,2 \text{ мм}^2$$

Межа текучості для Стали 40 дорівнює 300 МПа.

Допустимі напруги розтягування визначається за формулою:

$$[\sigma_p] = 0,5 \cdot \sigma_T \quad (7.7)$$

Тобто $[\sigma_p] = 0,5 \cdot 300 = 150$ МПа.

Запишемо умова міцності на розтяг:

$$\sigma_p = \frac{W}{S_{\min \text{pez}}} \leq [\sigma_p] \quad (7.8)$$

$$\sigma_p = \frac{19580}{156,2} = 125,3 < 150$$

МПа – отже міцність штока забезпечується, так як міцність забезпечується навіть в його мінімальному перетині.

					ТМ – 21850021.00.ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

ВИСНОВКИ

Завданням на дипломний проект було проектування технологічного процесу виготовлення вала-шестерні 010.265.01.015.

В ході виконання проекту розкрито призначення і принцип дії виробу, до складу якого входить деталь. Наведено службове призначення і технічні характеристики деталі. На підставі технічних характеристик деталі зроблені висновки про можливість її отримання наявними методами обробки з використанням стандартного інструменту та обладнання.

Тип виробництва, визначений у розділі 3, і розрахований розмір партії оброблюваних деталей вплинув на вибір обладнання. Перевага віддана універсальному обладнанню з числовим програмним управлінням.

Обґрунтовано вибір методу і способу отримання заготовки. Зроблено попередній розрахунок розмірів заготовки та спроектоване її креслення.

Був розглянутий базовий технологічний процес виготовлення валу-шестерні 010.265.01.015, та детально проаналізовані операції 010 фрезерно-центрувальна та 025 свердлильна з ЧПК. На основі аналізу та вивчення технічних характеристик обладнання були запропоновані верстати: Knuth Mark Super SV та ADM96. У результаті аналізу поверхонь деталі були призначені методи їх обробки, розглянуті альтернативні схеми базування та обґрунтований вибір технологічних баз.

Зроблені розрахунки режимів різання і норм часу обробки на свердлильну та фрезерно-центрувальну операції. Розрахунок норм часу на виконанні операції дає можливість визначити шляхи подальшого збільшення продуктивності праці та зменшення трудоємності обробки розглянутої деталі.

					ТМ – 21850021.00.ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Справочник технолога - машиностроителя: В 2 т. / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1986. - Т. 1 - 656 с.
2. Справочник технолога - машиностроителя: В 2 т. / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1986. - Т. 2. - 496 с.
3. Марочник сталей і сплавів. <https://metinvest-smc.com/ua/steel/stal-15/>
4. Методичні вказівки до практичних робіт з дисципліни «Технологічні основи машинобудування» / Укладач О.У. Захаркін. – Суми: Вид-во СумДУ, 2009.– 53 с.
5. ГОСТ 7505-89 «Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски, издание официальное, Москва – 1990 г.
6. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. - Ч. 1. Токарные, карусельные, токарно-револьверные, алмазно-расточные, сверлильные, долбежные и фрезерные станки.- М.: Машиностроение, 1974. - 416 с.
6. Справочник инструментальщика/ И.А. Ординарцев, Г.В. Филиппов, А.Н. Шевченко и др. Под общ.ред. И.А. Ординарцева. - Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1987.
7. Методичні вказівки та завдання до виконання практичних і контрольних робіт з курсу «Технологічні методи виробництва заготовок деталей машин»/ Укладачі: О.І. Акілов, Д.Г. Голдун. - Суми: Вид-во СумДУ, 2009. – 62 с.
8. Залого, В.О. Розрахунок режимів різання при точінні, свердлінні та фрезеруванні [Текст] : навч. посіб. / В. О. Залого. — К. : ІСДО, 1994. — 176 с..
9. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ. Серийное производство. - М.: Машиностроение, 1974. - 434 с.

					ТМ – 21850021.00.ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

10. Панов А.А., Аникин В.В. Обработка металлов резанием: Справочник технолога; Под общ. Ред. А.А. Панова. 2-е изд., перераб. и доп.-М.: Машиностроение, 2004.-784 с.

11. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на шлифовальных и доводочных станках. - М.: Машиностроение, 1974. - 203 с.

12. Захаркин А.У. Методические указания для практических работ по курсам «Теоретические основы изготовления деталей и сборки машин» и «Технология машиностроения» для студентов направления 0902 «Инженерная механика» всех форм обучения [Текст] : А. У. Захаркин, В. Г. Евтухов. – Сумы изд. СумДУ 2004. – 75 с.

13. Методичні вказівки до оформлення документації при виконанні розрахунково-графічних і курсових робіт, курсових і дипломних проектів з технології машинобудування: у 2 частинах. – Ч. 1. Загальні відомості / укладачі: В. Г. Євтухов, В. О. Іванов.–Суми : Сумський державний університет, 2011.–55 с.

14. Кушніров, П. В. Технологічна оснастка [Електронний ресурс] : навч. посіб. / П. В. Кушніров, А. В. Євтухов, І. М. Дегтярьов. — Суми : СумДУ, 2020. - 140 с.

15. Дичковський, М. Г. Технологічна оснастка. Курс лекцій [Текст] : навч. посіб. / М. Г. Дичковський. — Херсон : Олді-плюс, 2011. — 324 с.

15. Безпека життєдіяльності та охорона праці [Електронний ресурс] : довід. у 2-х ч. Ч. 1 : (А-Н) / Ю. В. Буца, О. І. Богатов, О. Г. Зима [та ін.] ; за заг. ред. Ю. В. Буца; Харківський національний економічний університет ім. С. Кузнеця. - Електрон. текстові дан. (2,71 МБ). - Харків : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2020. - 181 с.

17. Охорона праці при роботі на металорізальних верстатах [Текст] : навч. посіб. / І.П. Пістун, І.О. Трунова, Т.В. Олянишен, Р.А. Яцюк. — Львів : Українська академія друкарства, 2011. — 372 с.

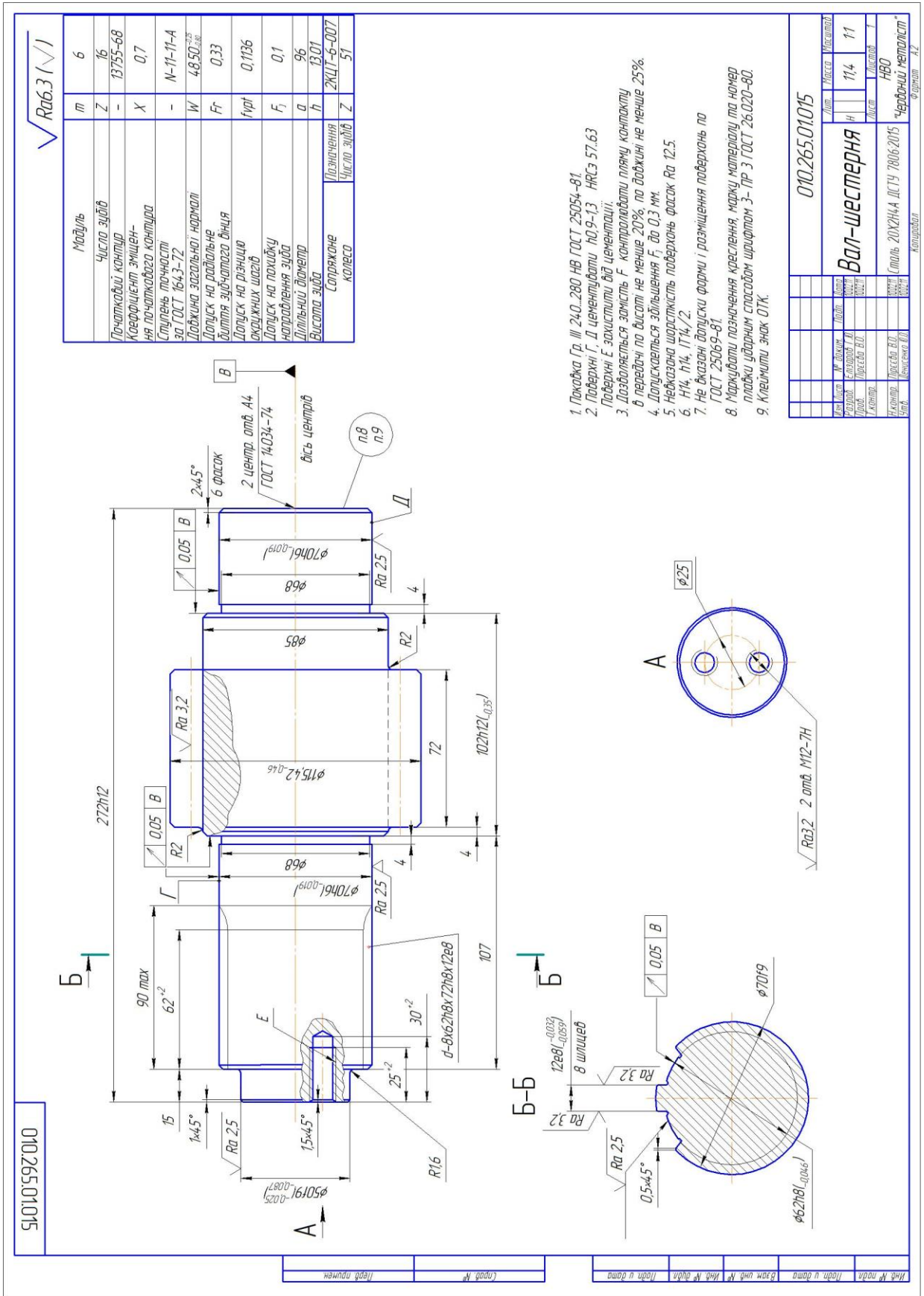
18. Кушніров П. В. Методичні вказівки до практичних занять з курсу “Технологічна оснастка”: П. В. Кушніров. – Суми: Вид-во Сум ДУ, 2009. – 52 с.

					ТМ – 21850021.00.ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

КРЕСЛЕННЯ ДЕТАЛІ ВАЛ-ШЕСТЕРНЯ 010.265.01.015



ДОДАТОК Б
РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ ПРИПУСКІВ НА РОЗМІР Ø70H6 MM

Расчетные значения			Принятые значения, мм						
припуск, мкм		расчетный размер, мм	расчетный размер	номинальный размер с предельными отклонениями	предельный размер		припуск, мкм		
миним	расч.				минимальный	максимальный	миним	расч.	макс
-	-	78.001	78.002	75.902 ^{+2.100} -1.100	74.802	78.002	-	-	-
1686	4886	73.114	73.115	73.115 ⁰ -0.300	72.814	73.115	1687	4887	5187
967	1267	71.846	71.847	71.847 ⁰ -0.120	71.727	71.847	968	1268	1388
860	980	70.866	70.866	70.866 ⁰ -0.046	70.82	70.866	861	981	1027
820	866	70	70	70 ⁰ -0.019	69.981	70	820	866	885

ДОДАТОК В

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Характеристика та дія на організм людини шкідливих речовин в повітрі робочої зони. Нормування вмісту шкідливих речовин у повітрі

У складі атмосферного повітря міститься 78% азоту, 21% кисню, 0,03% вуглекислого газу, інертні гази. У чистому повітрі є шкідливі гази, такі, як оксид та діоксид азоту, діоксид сірки, озон та ін., які не позначаються негативно на здоров'ї людей, тварин та всієї флори і фауни. Ці гази потрапляють в повітря завдяки процесам гниття або атмосферним явищам. Вміст води в повітрі непостійний від 0,00002 до 3% об'ємних часток.

Чистим вважається повітря, не забруднене твердими, рідкими та газоподібними речовинами, які змінюють його природний склад.

Тверді, рідкі або газоподібні речовини, що потрапляють у повітря, змінюючи його природний склад, називаються емісіями. Емісії – це забруднення техногенного походження.

Забруднення повітря має місце в такому випадку, коли забруднююча повітря речовина або декілька речовин присутні в такій кількості і протягом такого часу, що спричиняють шкоду людям, тваринам, рослинам та майну.

За концентрації кисню не більше 9% (нормальний барометричний тиск) у людини настає кисневе голодування тканин організму (аноксемія), що може призвести до смерті.

Підвищений вмісту азоту у повітрі призводить до наркотичної дії, так за концентрації азоту 83% відчувається задуха, а за 93% – настає смерть від нестачі кисню (зростання вмісту азоту означає зменшення вмісту кисню).

Допустима норма вуглекислого газу в приміщенні 0,1...0,2%, на робочих місцях – до 0,5%. Підвищений вміст вуглекислого газу призводить до зменшення вмісту кисню.

Важливо, щоб повітря мало певний йонний склад. В повітрі містяться

негативні і позитивні йони, які, в свою чергу, бувають легкі, середні і важкі. Важкі йони утворюються в результат осадження легких йонів на різних частках: пилу, краплинах. В незабрудненому повітрі переважно знаходяться легкі йони, в забрудненому – важкі. Нормується оптимальний вміст легких йонів у повітрі робочої зони.

В сучасній техніці застосовується безліч речовин, які можуть потрапляти в повітря і становити небезпеку здоров'ю людей. Для визначення небезпечності досліджується вплив цих речовин на організм людини і встановлюються безпечні для людини концентрації та дози.

На промислових підприємствах повітря робочої зони може забруднюватися шкідливими речовинами, які утворюються в результаті технологічного процесу, або містяться в сировині, продуктах чи напівпродуктах, у відходах виробництва.

При роботі або ремонті копіювальних апаратів виділяються такі хімічні речовини, як озон, оксид азоту, аміак, стирол (вінілбензол), ацетон (пропан-2-он), селенистий водень (гідроселенід), епіхлоргідрин (хлорметилоксиран), кислоти, бензин, оксид етилену (оксиран).

У відповідності до ГОСТ 12.1.007-76 “ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности” шкідливою речовиною називається речовина, яка при контакті з організмом людини при порушенні вимог безпеки може викликати виробничі травми, професійні захворювання або відхилення стану здоров'я в процесі роботи та у наступний період життя, а також справити негативний вплив на здоров'я нащадків.

Всі шкідливі речовини за характером дії на організм людини поділяються на шість груп:

I – загальнотоксичні або загальносоматичні речовини – речовини, які діють на центральну нервову систему, кров і кровотворні органи (сірководень (H_2S), ароматичні вуглеводні, чадний газ (CO), ціаністий водень (HCN), хлор (Cl_2), бром (Br_2)). За концентрацією цих речовин у повітрі повинен бути забезпечений безперервний контроль із сигналізацією про перевищення гранично допустимих концентрацій;

II – подразнюючі речовини – речовини, які діють на слизові оболонки очей, носу, гортані, шкіри (пари кислот, лугів, оксид Нітрогену (NO₂), оксиди Сульфуру (SO₂ і SO₃), тощо);

III – сенсibiliзуючі або алергени (від лат. sensibilis – чутливий) – речовини, які призводять до виникнення алергії (альдегіди, ароматичні нітро-, нітросо-, аміносполуки, зокрема, акрилонітрил, берилій, нікель, хлорофос);

IV – канцерогенні або бластомогенні речовини – речовини, що призводять до виникнення ракових пухлин. Це продукти перегонки нафти і кам'яного вугілля (похідні антрацену, бензпірен, мазути, гудрони, бітуми, асфальти, мастила, дьоготь, бензол, хлористий вініл), пил азбесту, арсен (As), меркурій (Hg), плумбум (Pb), цинк (Zn), молібден (Mo), нікель (Ni), радіоактивні речовини;

V – мутагенні речовини – речовини, які призводять до зміни спадкової інформації (Pb, Mn, радіоактивні речовини);

VI – такі, що пригнічують репродуктивну функцію (меркурій, плумбум, манган (Mn), радіоактивні сполуки, хлоропрен, нікотин).

Існують і інші класифікації шкідливих речовин, наприклад, за фізіологічною дією: подразнюючі, задушливі, соматичні, наркотичні.

Отруєння шкідливими речовинами можливе тільки за їх концентрації в повітрі робочої зони, що перевищує певну межу – гранично допустиму концентрацію (ГДК).

Гранично допустима концентрація шкідливої речовини у повітрі робочої зони (ГДК р.з) – це така концентрація, вплив якої на людину в разі її щоденної регламентованої тривалості (щоденна дія при 8-годинній роботі, але не більш ніж 40 годин протягом тижня) не призводить до зниження працездатності чи захворювання в період трудової діяльності та у наступний період життя, а також не справляє негативного впливу на здоров'я нащадків. Вимірюється ГДК у мг/м³. Перелік ГДК шкідливих речовин в повітрі робочої зони наводиться у “Санитарных нормах проектирования промышленных предприятий” СН 245-71; ГОСТ 12.1005-88, ССБТ. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-технические требования, а також ДСП 201-97.

У відповідності до ГОСТ 12.1.007-76 за ступенем дії на організм людини шкідливі речовини поділяються на чотири класи небезпеки (таблиця 2.2).

У державних стандартах наведено більше 700 речовин, для яких встановлені значення ГДК (ГДК бензпірена = 0,00015мг/м³, ГДК_{Be} = 0,001мг/м³, ГДК_{Pb} = 0,01мг/м³).

Таблиця В.1 – Класифікація шкідливих речовин за ступенем дії на організм людини

Клас	Назва	ГДК, мг/м ³	Летальна концентрація в повітрі, мг/м ³	Приклади
1	Надзвичайно небезпечні	<0,1	<500	Бензпірен, ртуть, плумбум, берилій, манган, фосген
2	Високонебезпечні	0,1...1	500...5000	Нітроген діоксид (NO ₂), бензен, сірководень, гідроксид натрію (NaOH)
3	Помірно небезпечні	1,1...10	5001...50000	Ксилол, сірчистий газ (SO ₂), метанол
4	Малонебезпечні	>10	>50000	Аміак (NH ₃), чадний газ, бензин, етанол, ацетон

За одночасного знаходження в повітрі робочої зони декількох шкідливих речовин односпрямованої дії, близьких за хімічним складом і характером біологічної дії на організм людини, для визначення можливості працювати в цій зоні користуються такою залежністю:

$$\frac{C_1}{ГДК_1} + \frac{C_2}{ГДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ГДК_n} \leq 1$$

де C_n – концентрації шкідливих речовин у повітрі, мг/м³; ГДК_n – гранично допустимі концентрації відповідних шкідливих речовин, мг/м³.

До шкідливих речовин односпрямованої дії відносяться шкідливі речовини, які схожі за хімічною будовою та характером впливу на організм людини. Наприклад: фенол і ацетон, сірчистий газ і нітрогендіоксид, органічні кислоти, чадний газ і нітрогендіоксид.

Вміст шкідливих речовин в повітрі, яке надходить у виробниче приміщення не повинен перевищувати 0,3 ГДК.

Для речовин, які не мають ГДК, встановлені орієнтовно безпечні рівні впливу (ОБРВ).

Повітря робочої зони може забруднюватися пилом. Наслідки впливу виробничого пилу на організм залежать від його фізико-хімічних властивостей, токсичності, дисперсності, концентрації.

Пил буває органічним (рослинного та тваринного походження, наприклад: деревний, бавовняний, кістковий), неорганічним (цементний, азбестовий, металевий) і змішаним.

Пил може бути токсичний і нетоксичний. Токсичний пил – це пил плумбуму, мангану, хрому тощо. Він може призводити до гострих або хронічних отруєнь. Нетоксичний пил – це пил чавуну, заліза, алюмінію, пластмас, скла, деревини тощо.

Вплив нетоксичного пилу на організм людини зводиться до фіброгенної дії, тобто викликає подразнення слизових оболонок, верхніх дихальних шляхів, а потрапляючи в легені викликає пневмокніоз. Для цієї хвороби характерною ознакою є утворення в легенях фіброзних вузлів – ділянок ущільненої легеневої тканини. Відомі такі види пневмокніозу: силікоз, металокніоз, цементоз, азбестоз та інші. Найпоширенішим видом є силікоз – хвороба гірників, що спричинена пилом діоксиду кремнію (SiO₂).

Для гігієнічної оцінки умов праці на робочих місцях з метою їх контролю на відповідність діючим санітарним правилам і нормам, гігієнічним нормативам та видачі відповідного гігієнічного висновку використовують такі документи:

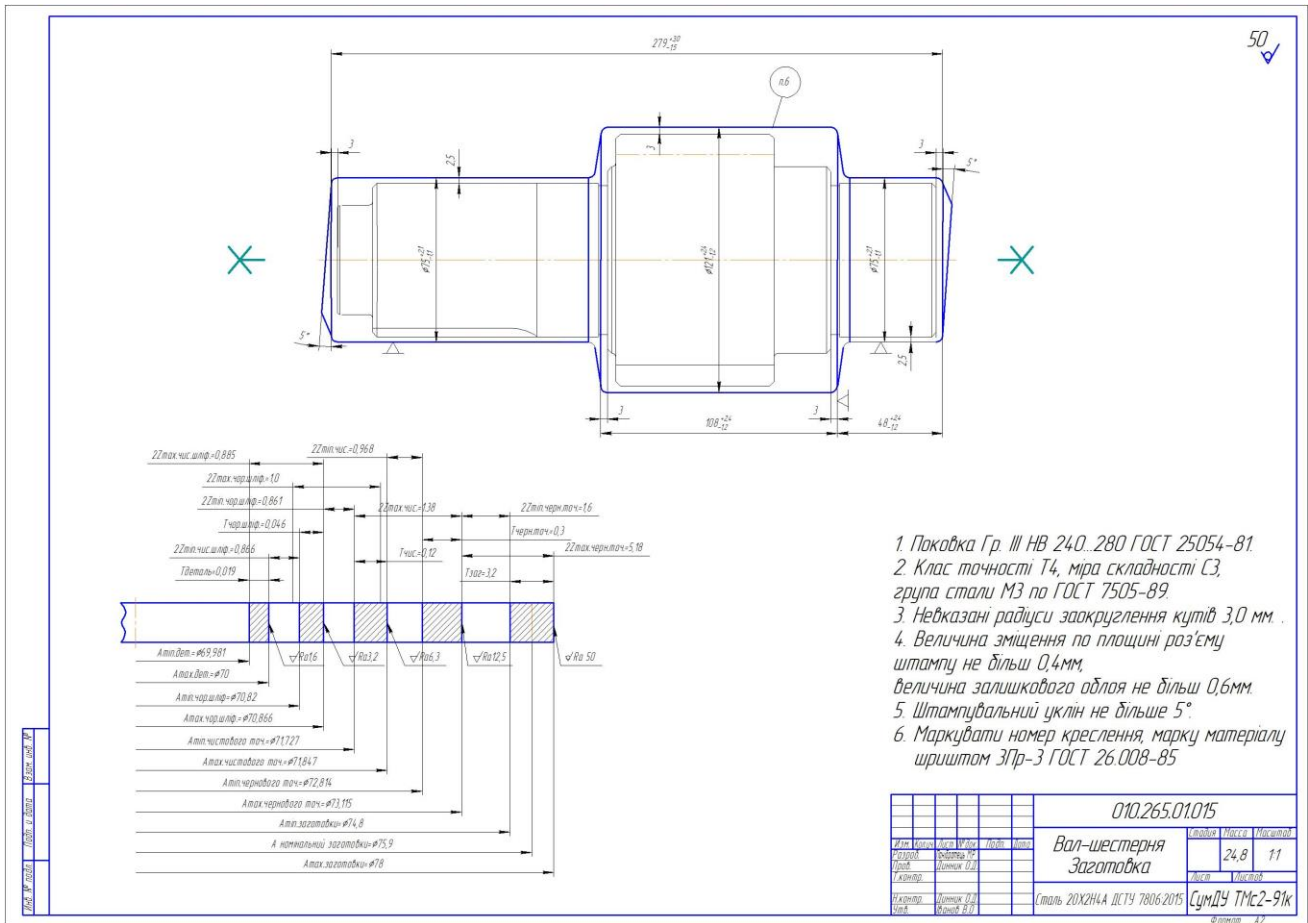
– ГК 3.3.5-8-6.6.1 2002 “Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу”, затверджена наказом Міністерства охорони здоров’я України від 27.12.2001 р. № 528;

– Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны, № 4617-88;

– Перелік речовин, продуктів, виробничих процесів, побутових та природних факторів, канцерогенних для людини, затверджений наказом МОЗ № 7 від 13.01.2006;

– НПАОП 0.00-6.23-92: Порядок проведення атестації робочих місць за умовами праці, затверджений Міністерством праці України № 442 від 01.09.92.

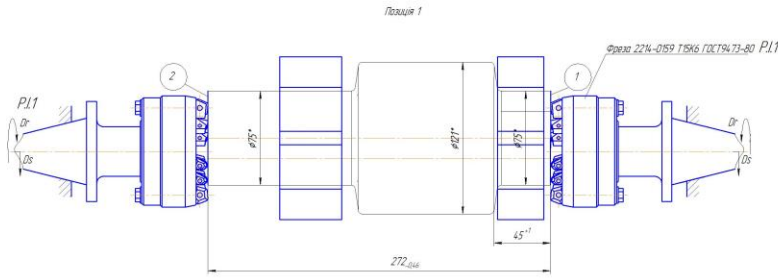
ДОДАТОК Д ГРАФІЧНА ЧАСТИНА РОБОТИ



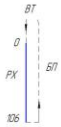
1. Паковка Гр. III НВ 240..280 ГОСТ 25054-81
2. Клас точності Т4, міра складності С3, група сталі М3 по ГОСТ 7505-89.
3. Невказані радіуси заокруглення кутів 3,0 мм.
4. Величина зміщення по площині роз'єму штапу не більш 0,4мм, величина залишкового об'єму не більш 0,6мм.
5. Штапувальний уклін не більше 5°
6. Маркувати номер креслення, марку матеріалу шрифтом ЗПр-3 ГОСТ 26.008-85

		010.265.01015		Креслення	Листів	Кількість
Діаметр	Довжина	Діаметр	Довжина	24.8	11	
Клас	Листів	Клас	Листів			
Матеріал	Діаметр	Матеріал	Діаметр			
Сталь 20Х2Н4А	Діаметр	Сталь 20Х2Н4А	Діаметр			
СумДУ	ТМс2-91к					

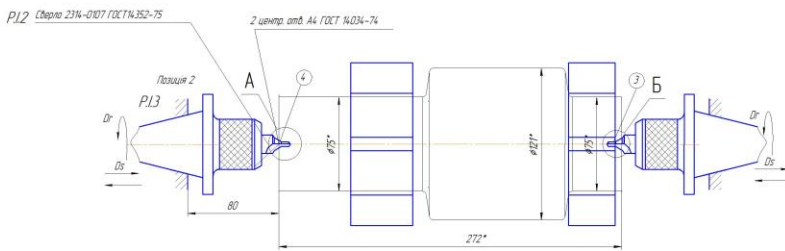
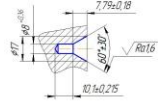
Операція 010 Фрезерно-центрувальна
Станок фрезерно-центрувальний АПМ96 N=4кВт



Циклограма руху фрези



А, Б



Циклограма руху сверла



BT – Висхідна подача
PK – Радіальний ход
BT – Висхідний подача

№	Р	П	Назва операції	Параметри операції	l, мм	S _н , мм/хв	V _{ср} , м/хв	f _{зд} , мм/зуб	f _д , мм/зуб	ГДСТ, мм/хв	ГДСТ, мм/хв
1	С	2	Фреза 22Н-0159 Т8К6	1544	25	0,8	300	118	0,6		
2	С	4	Сверло 23Н-0107 Т8К6	1544	4	0,12	500	28	0,1		10,5

* Розміри для відвідки

№	Р	П	Назва операції	Параметри операції	l, мм	S _н , мм/хв	V _{ср} , м/хв	f _{зд} , мм/зуб	f _д , мм/зуб	ГДСТ, мм/хв	ГДСТ, мм/хв
ТМ 20090037-06-0101 ОН											
Операційна налашка на операції 010											
СумДУ ТМс2-9к											

