

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

Кафедра інжинірингу машинобудівних технологій

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня
бакалавр

на тему: Розроблення технологічного процесу виготовлення
валу ЖВМ22.122.07

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи МП-41
спеціальності G9 «Прикладна механіка»
(шифр і назва спеціальності)

	<u>(підпис)</u>	<u>Штанько А.С.</u> (прізвище та ініціали)
Керівник	<u>(підпис)</u>	<u>Васильків В.В.</u> (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	<u>(підпис)</u>	<u>Дячун А.Є.</u> (прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	<u>(підпис)</u>	<u>Окіпний І.Б.</u> (прізвище та ініціали)
Рецензент	<u>(підпис)</u>	<u>Марущак П.О.</u> (прізвище та ініціали)

Тернопіль
2025

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Інженерії машин, споруд і технологій

(повна назва факультету)

Кафедра інжинірингу машинобудівних технологій

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Окіпний І.Б.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« »

2025 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавра

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю G9 “Прикладна механіка”

(шифр і назва спеціальності)

студенту Штаньку Андрію Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення технологічного процесу виготовлення
валу ЖВМ22.122.07

Керівник роботи Васильків Василь Васильович, доктор технічних наук, професор

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 23 » 01 2025 року № 4/7 -44

2. Термін подання студентом завершеної роботи

3. Вихідні дані до роботи Креслення деталі, інформація про технологічні можливості машино-
будівного підприємства (перелік устаткування тощо), середньосерійний тип виробництва

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Розробити ТП виготовлення деталі.

2. Вибрати пристрій для закріплення деталі

3. Вибрати пристосування для контролю співвісності циліндричних поверхонь

4. Розробити схему наладки на операцію оброблення трьох отворів

5. Визначити основні заходи, які забезпечують обезпилення повітря в
механообробному цеху, а також провести огляд потенційних небезпек від устаткування із
систематизацією заходів щодо зниження та мінімізації їх шкідливого впливу при реалізації
розробленого технологічного процесу виготовлення деталі.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1. Креслення деталі – 1 лист А1,

2. Креслення заготовки валу, – 1 лист А3;

3. Пристрій для закріплення деталі – 1 лист А1,

4. Технологічні наладки на операцію 030 – 1 лист А1,

5. Пристосування для контролю – 1 лист А1

6. Ескізи технологічних операцій – 1 лист А1

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	Комар Р.В.		

7. Дата видачі завдання 3.02.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
	<i>Загально-технічна частина</i>	02.03.2025	
	<i>Технологічна частина</i>	14.04.2025	
	<i>Конструкторська частина</i>	09.05.2025	
	<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	06.05.2025	
	<i>Виконання графічної частини</i>	14.06.2025	
	<i>Оформлення пояснювальної записки</i>	18.06.2025	
	<i>Подання роботи до кафедри та попередній захист</i>		
	<i>Захист бакалаврської роботи</i>	27.06.2025	

Студент

(підпис)

Штанько А.С.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Васильків В.В.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Метою дипломної роботи є розробка раціонального технологічного процесу виготовлення валу ЖВМ22.122.07 на основі детального аналізу його конструкції, умов експлуатації, технічних вимог та переліку технологічного устаткування машинобудівного підприємства.

Кваліфікаційна робота “Розроблення технологічного процесу виготовлення валу ЖВМ22.122.07” складається з чотирьох основних розділів, додатків та графічного ілюстративного матеріалу. У першому розділі представлено загально-технічну характеристику валу, його конструктивний аналіз та визначення типу виробництва. У другому — здійснено повний розрахунок технологічного процесу обробки, починаючи від вибору заготовки до визначення режимів різання та нормування операцій. Підібрано необхідне обладнання та ріжучий інструмент. Третій розділ присвячений конструкторській частині, зокрема проектуванню пристрою для закріплення заготовки на фрезерному верстаті та вибору засобів контролю. Четвертий розділ містить аналіз питань охорони праці та безпеки життєдіяльності у механообробному цеху. У процесі виконання роботи використано елементи комп’ютерних технологій.

Обсяг основної частини роботи – 50 сторінок формату А4. Графічна частина складається з 5,25 аркушів формату А1. У додатках наведено таблиці та рисунки, специфікації та комплект технологічної документації.

Прийняті конструкторсько-технологічні рішення дозволяють ефективно реалізувати технологію виготовлення валу з мінімальними затратами часу та матеріальних ресурсів. Таким чином, виконання даної кваліфікаційної роботи дозволяє узагальнити знання, отримані під час навчання, та здобути практичні навички інженерного аналізу, проектування і технологічної підготовки виробництва деталей машин.

Записка в основній частині містить 13 таблиць та перелік посилань з 24 одиниці.

Ключові слова: технологічний процес, механічне оброблення, заготовка, вал, спорядження, інструмент, технологія.

ЗМІСТ

Вступ

ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Аналіз конструкції валу та його робочого креслення

1.2 Визначення типу виробництва

1.3 Висновки та задачі проектування

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Обґрунтування способу отримання заготовки

2.1.1 Проектування заготовки

2.1.2 Техніко-економічне обґрунтування способу отримання заготовки

2.2 Синтез конструкторського коду на основі технологічного класифікатору та типового ТП

2.3 Розробка маршруту обробки валу

2.4 Розрахунок міжопераційних розмірів і припусків на обробку

2.5. Розрахунок міжопераційних лінійних розмірів на оброблення торцевих поверхонь

2.6 Розрахунок режимів різання розрахунково-аналітичним методом

2.7 Нормування технологічних операцій розрахунково-аналітичним методом

2.8 Уточнення типу виробництва

2.9 Висновки до розділу

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Проектування технологічного спорядження для фрезерного верстату ГФ2171ФЗ

3.1.1 Сема базування заготовки та розрахунок режимів різання

3.1.2 Розрахунок похибки базування

3.1.3 Розрахунок сили затиску

3.1.4 Опис пристрою

3.2 Вибір спеціального пристосування для контролю допуску циліндричності та круглості

3.3 Висновки до розділу

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Заходи, які забезпечують обезпилення повітря в механообробному цеху

4.2 Огляд потенційних небезпек від устаткування та систематизація заходів щодо їх зниження

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

ДОДАТОК А. Таблиці, рисунки

ДОДАТОК Б. Специфікація

ДОДАТОК В. Комплект технологічної документації щодо виготовлення валу

ЖВМ22.122.07

Вступ

В сучасних умовах розвитку машинобудування значна увага приділяється підвищенню ефективності технологічних процесів виготовлення деталей, які є основними елементами механізмів та вузлів. У цьому зв'язку в дипломній роботі розглянуто технологію виготовлення валу ЖВМ22.122.07, який є важливим елементом конструкції редуктора машини для обприскування сільськогосподарських угідь. Він забезпечує передачу крутного моменту.

Актуальність теми кваліфікаційної роботи зумовлена необхідністю удосконалення технологічних процесів обробки деталей типу «вал» з метою підвищення продуктивності, зниження собівартості виготовлення та забезпечення необхідної якості готової продукції. Зокрема, оптимізація маршруту обробки, вибір ефективного способу отримання заготовки, розрахунок режимів різання та проектування допоміжного технологічного спорядження відіграють ключову роль у досягненні поставлених цілей.

В рамках кваліфікаційної роботи виконано аналіз конструкції деталі, визначено тип виробництва та сформульовано задачі проектування. У технологічній частині розроблено маршрут обробки, визначено припуски, режими різання та виконано нормування операцій. Особливу увагу приділено вибору способу отримання заготовки з урахуванням техніко-економічної доцільності.

Конструкторська частина містить проєкт технологічного оснащення для обробки валу на фрезерному верстаті ГФ2171Ф3, включаючи розрахунок похибок базування, сил затиску, а також вибір і опис спеціального пристрою для контролю геометричних параметрів – циліндричності та круглості.

Окрема увага приділена розділу з безпеки життєдіяльності, де розглянуто заходи щодо зниження запиленості повітря в механообробному цеху та аналізовано потенційні небезпеки при роботі з технологічним обладнанням.

Актуальність теми роботи зумовлена необхідністю підвищення ефективності виробництва за рахунок впровадження раціонального ТП та високоточних засобів контролю, що дозволяє забезпечити стабільну якість деталей і знизити виробничі витрати.

1. ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Аналіз конструкції валу та його робочого креслення

Вал ЖВМ22.122.07 є елементом конструкції редуктора машини для обприскування сільськогосподарських угідь. Відповідальним елементом його конструкції є зубчаста поверхня, яка у спряженні із зубчастим колесом суміжного валу утворюють зубчасте зачеплення. Воно працює в агресивному середовищі і призначене для передачі крутного моменту.

Згаданий вал виготовлений із конструкційної низьколегованої хромонікельмолібденової сталі марки AISI 4340, аналогом якої є сталь 34CrNiMo6 згідно EN 10263. Вона вирізняється високою міцністю, в'язкістю та хорошою загартовуваністю. Широко застосовується у виготовленні деталей, що працюють при високих навантаженнях — валів, шестерень, штоків, елементів підвісок тощо.

Така сталь містить С (0.38–0.43%), Мп (0.60–0.80%), Si (0.15–0.35%), Cr (0.70–0.90%), Ni (1.65–2.00%), Мо (0.20–0.30%), а також у кількості менше 0.035% Р, S і Cu. При цьому, допускаються незначні варіації такого складу у залежності від стандарту виробника (ASTM, SAE, ISO).

Особливістю конструкції такої деталі є висока міцність, пластичність та в'язкість серцевини внаслідок того, що її серцевина має високу межу текучості (низьковуглецевий мартенсит чи нижній бейніт), а поверхневий матеріал – високу міцність і зносостійкість. Це забезпечується поєднанням Cr, Ni і Мо.

Орієнтовно у такого матеріалу $\sigma_s=1080$ МПа (може досягати 1400 МПа при загартуванні + відпуску), $\sigma_{0.2}=700\text{--}1200$ МПа, $\delta=10\text{--}20\%$, ударна в'язкість 60 Дж/см² (при +20°C).

Твердість (HRC) після загартування і відпуску може складати 28–45 HRC.

Термооброблення такої сталі є таким: гартування при 850 °С в та відпуск при 620°С.

Технологічні особливості такої сталі є такими:

1. Добре обробляється в гарячому стані (кування, штампування).
2. Має хорошу зварюваність після попереднього підігріву (необхідний контроль відтворення тріщин).
3. Висока загартовуваність дозволяє глибоку термічну обробку навіть на великих перетинах.
4. Часто застосовується для азотування чи індукційного гартування.

У додатку в таблиці А.1 наведено кодування поверхонь та опис їх розмірних характеристик та параметрів якості.

Із таблиці бачимо, що основними є 6, 7 і 12 поверхні через високі вимоги (Ø140m6, Ra0,8), а допоміжними 16-18 (32N9, Ra6,3; Ø190,2 IT11, Ra6,3) Вільною є поверхня 8.

На основі аналізу робочого креслення валу бачимо, що воно містить усю повноту необхідної інформації (допуски, бази Б та В, відхилення форми, шорсткість, твердість, маса (144,5 кг), розміри, мірило, необхідна кількість розрізів тощо).

1.2 Визначення типу виробництва

Використовуючи дані про масу деталі ($q_0 = 144,2$ кг), річну програму випуску деталей ($N=100$ шт.) та інформацію про номенклатурність отримуваних виробів в цеху бачимо що тип виробництва є середньосерійним.

Тому визначаємо показник такту випуску [3]

$$\tau_{\text{с}} = \frac{60 \cdot F_{\text{д}}}{N} = \frac{60 \cdot 4060}{90} = 2706 \text{ хв.}$$

У формулі прийнято дійсний річний фонд часу устаткування $F_{\text{д}}=4060$ год.

Розмір партії деталей:

$$n = \frac{N \cdot f}{q} = \frac{100 \cdot 21}{260} = 8,1$$

де f – кількість днів запасу деталей на складі: $f = 21$ день;

q – кількість робочих днів у році: $q = 260$.

Отже, партія запуску деталей у виробництво становить 9 шт.

1.3 Висновки та задачі проектування

У розділі описано результати аналізу конструкції валу ЖВМ 22.122.07 та його робочого креслення та орієнтовний розрахунок типу виробництва.

Зважаючи на технологічні можливості виробництва при проектуванні ТП виготовлення валу встановлено, що доцільно отримувати заготовку на радіально-обтискних машинах чи штампування на молотах, при оброблені різанням використовувати верстати з числовим програмним керуванням.

Задачі проектування є такими:

1. Провести обґрунтування способу отримання заготовки.
2. Виконати проектування заготовок та техніко-економічне обґрунтування способу їх отримання.
3. Розробити конструкторсько-технологічний код на основі технологічного класифікатору та на його основі обрати типовий ТП отримання валу.
4. На основі переліку технологічного устаткування машинобудівного підприємства розробити маршрут обробки валу.
5. Провести розрахунок міжопераційних розмірів і припусків на обробку і розрахунок міжопераційних лінійних розмірів
6. Провести розрахунок режимів різання розрахунково-аналітичним методом та нормування технологічних операцій розрахунково-аналітичним методом

7. Уточнити тип виробництва

8. Спроектувати технологічного спорядження для фрезерного верстату ГФ2171Ф3, зокрема схему базування заготовки та розрахунок похибки базування і сили затиску.

9. Виконати вбір спеціального пристосування для контролю допуску циліндричності та круглості валу.

10. Систематизувати основні заходи, які забезпечуватимуть обезпилення повітря в механообробному цеху, а також проаналізувати основні потенційні небезпеки від устаткування та окреслити заходи щодо зниження та мінімізації їх шкідливого впливу.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Обґрунтування способу отримання заготовки

2.1.1 Проектування заготовок для виготовлення валу ЖВМ22.122.07

У проектуванні заготовки вважаємо, що конфігурація рознімання штампу є плоскою, вихідний індекс 17, клас точності Т4, група сталі – М2, степінь складності – С1.

Результати розрахунків припусків заготовки, яку отримують способом штампування на молотах подано у таблиці 2.1, а способом кування на радіально-обтискних машинах – у таблиці 2.2.

Таблиця 2.1 - Припуски заготовки, яку отримують способом штампування на молотах

	Розмір		Базовий припуск	Додатковий припуск		Сумарне значення припуску	Допустимі відхилення
				на зміщення поверхні рознімання	увігнутість, відхилення від площинності та		
1	2		3	4	5	6	7
1	Діаметр	190,2	3,2	0,7	0,5	199	Ø199 ^{+3,3} _{-1,7} ;
2		140	3,3			149	Ø149 ^{+3,0} _{-1,5} ;
3		130	3,0			138,5	Ø138,5 ^{+3,0} _{-1,5} ;
4	Лінійний розмір	175	3,2			171	175 ^{+3,3} _{-1,7}
5		1298	3,7			1307	1307 ^{+5,5} _{-2,7}
6		140	2,4			136,5	136,5 ^{+3,0} _{-1,5}
7		160				156,5	156,5 ^{+3,0} _{-1,5}

Закінчення таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7
8	198	2,6			194	$194^{+3,3}_{-1,7}$
9	180				186,5	$186,5^{+3,3}_{-1,7}$
10	Радіус закруглення зовнішніх кутів					R=4,0 мм
11	Допустима величина заусенеців					1 мм.
12	Штампувальні ухили: зовнішні/внутрішні					7 °/10 °
13	Величина на суміщення по поверхні рознімання штампу					0,2

Таблиця 2.2 - Припуски заготовки, яку отримують способом кування на радіально-обтискних машинах

	Розмір		Базовий припуск	Додатковий припуск		Сумарне значення припуску	Допустимі відхилення			
				зміщення на поверхні рознімання штампу	увігнутість, відхилення від площинності та прямолінійності					
1	2			3	4			5	6	7
1	Діаметр	290,2		3,20	0,7			0,5	195	Ø195 ^{+3,3} _{-1,7} ;
2		240		3,30					244,50	Ø 244.5 ^{+3,0} _{-1,5} ;
3		230	3,0	234,50		Ø 234,5 ^{+3,0} _{-1,5} ;				
4	Лінійні	275	3,20	273		275 ^{+3,3} _{-1,7}				
5		1298	3,70	1302,50		1302,5 ^{+5,5} _{-2,7}				
6		240	2,40			238,50	238,5 ^{+3,0} _{-1,5}			

Закінчення таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7
7	260				256,50	256,5 ^{+3,0} _{-1,5}
8	198				296,50	294 ^{+3,3} _{-1,7}
9	280	2,60			286,50	286,5 ^{+3,3} _{-1,7}
10	Радіус закруглення зовнішніх кутів					R=4,0 мм
11	Допустима величина заусенеців					1 мм.
12	Штампувальні ухили: зовнішні/внутрішні					7 °/10 °
13	Величина на суміщення по поверхні рознімання штампу					0,2

На основі 3D моделі, побудованої за методикою [18-21] на основі даних таблиці бачимо, що для заготовки, яку отримують способом штампування на молотах маса поковки 231 кг, а для заготовки, яку отримують способом кування на радіально-обтискних машинах 193,1 кг

Відповідно для заготовки, яку отримують способом штампування на молотах $\frac{m_{пок.}}{m_{фиг.}} = \frac{231,7}{287,5} = 0,8$, а для заготовки, яку отримують способом кування

на радіально-обтискних машинах $\frac{m_{пок.}}{m_{фиг.}} = \frac{193,1}{287,5} = 0,67$

Отже, економічно доцільним є спосіб отримання заготовки на радіально обтискних машинах.

2.1.2 Техніко-економічне обґрунтування способу отримання заготовки

Початковою заготовкою для отримання деталі є прокат.

З огляду на технологічні можливості виробництва основними можливими способами отримання заготовки є точіння валу, штампування на молотах а також радіальне обтискування.

У таблиці 2.3 наведено розрахунки ефективності обраних способів.

При цьому, собівартість способу отримання заготовки визначають так [9, 10]

$$S_{\text{заг.}} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot k_T \cdot k_C \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_{II} \right) - (Q - q_0) \cdot \frac{S_{\text{відх}}}{1000} \quad (2.1)$$

де $k_T, k_C, k_B, k_M, k_{II}$ – коефіцієнти, значення яких залежить від характеристик способу (клас точності, група складності, маса, марка матеріалу, об’єм виробництва), $S_{\text{відх}}$ – вартість 1 т відходів у грн.; C_i – базова вартість 1т матеріалу заготовки у грн.

Таблиця 2.3 – Розрахунок собівартості способу отримання заготовки

№	Спосіб отримання	Розрахунок
1	штампування на молоті	$S_{\text{заг.1}} = \left(\frac{5360}{1000} \cdot 231 \cdot 1 \cdot 0,88 \cdot 1,61 \cdot 1 \cdot 0,8 \right) -$ $- (231 - 154,5) \cdot \frac{0,45}{1000} = 1326,7 \text{ грн.}$
2	кування на радіально-обтискувальній (радіально-кувальній) машині з ЧПК мод. GFM SX-45	$S_{\text{заг.2}} = \left(\frac{5360}{1000} \cdot 193,1 \cdot 1 \cdot 0,88 \cdot 1,61 \cdot 1 \cdot 0,8 \right) -$ $- (193,1 - 154,5) \cdot \frac{0,45}{1000} = 1173 \text{ грн.}$
	річний економічний ефект	
3	$E_p = (S_{\text{заг.1}} - S_{\text{заг.2}}) \cdot N = (1326,7 - 1173) \cdot 5000 = 768500$	

На рисунку А.1 наведено схему заготовки, яку отримують способом кування на радіально-обтискувальних машинах.

2.2 Синтез конструкторського коду на основі технологічного класифікатору та типового ТП

Синтез конструкторського коду на основі технологічного класифікатору ЄСКД для 71 класу виробів виконують для пошуку типового технологічного процесу. У таблиці 2.4 наведено код валу та опис його елементів.

Таблиця 2.4 – Синтез конструкторського коду валу ЖВМ22.122.07

№	Елемент кодування	Опис та обґрунтування
1	Клас 71...	Деталі – тіла обертання типу валів
2	Підклас 715...	із зовнішньою циліндричною поверхнею
3	Група 7154...	без закритих уступів, ступінчастою, двосторонньою, без зовнішньої різі.
4	Підгрупа 71542...	із центровими отворами
5	Вид 715424...	із пазами на зовнішній поверхні
6	715424D...	із найбільшим зовнішнім діаметром 192 мм
7	715424D П...	довжиною деталі 1300 мм
8	715424D ПЗ...	наявністю центрових отворів
9	715424D П 12...	групи матеріалу деталі AISI 4340
10	715424D П 124...	типу деталі за технологічним методом її отримання
11	715424D П 12424...	Вид початкової заготовки
12	715424ДП124244...	Квалітет - 6
13	715424ДП1242444...	Шорсткість зовнішніх поверхонь Ra1,25
14	715424ДП1242440...	Шорсткість внутрішніх поверхонь є відсутньою
15	715424ДП12424404...	Ступінь точності
16	715424ДП124244044...	Операція додаткового оброблення
17	715424ДП124244044Л	Маса $q_o = 144,2$ кг

На основі таких даних здійснюємо пошук типового ТП.

У таблиці А.2 наведено типовий ТП виготовлення валу.

2.3 Розробка маршруту обробки деталей

Для розроблення ТП нами проведено аналіз показників точності та якості поверхонь. В результаті цього сформульовано таблицю послідовності оброблення таких поверхонь для досягнення необхідних вимог. Результати зведені у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Послідовність обробки основних поверхонь

№ поверхні, розмір	Найменування переходів		Ra	Кв. точ- ності	Допуск
2: L=2825 мм	Заготовка		12,5	14	3,10
	Фрезерування торців		6,3	11	0,780
9, 10: Ø240h9	Точіння	напівчистове			0,250
		чистове	3,2	9	0,100
	Шліфування		1,6	6	+0,088 +0,063
17: Ø250h9	Напівчистове точіння		6,3	11	0,250
	Чистове точіння		3,2	9	0; -0,100
19: Ø280h9	Напівчистове точіння		6,3	11	0,250
	Чистове точіння		3,2	9	0,100
20: Ø574,2 m=4, z=62	Напівчистове точіння			14	1,15
	Нарізування зубів	чорнове	6,3		
		чистове	3,2		
21: Ø260m6	Напівчистове точіння		6,3	11	0,250
	Чистове точіння		3,2	9	0,100
	Шліфування		1,6	6	+0,040 +0,015
22: Ø180h9	Напівчистове точіння		6,3	11	0,250
	Чистове точіння		3,2	9	0 -0,100
10, 15: 32N9	Фрезерування шпонкової канавки				0 -0,062
16: M16×40 3 отвори	Свердління отв.		12,5	14	0,250
	Зенкерування отв.		6,3	11	0,100
	Нарізання різі		3,2	9	+0,026

Закінчення таблиці 2.5

№ поверхні, розмір	Найменування переходів	Ra	Кв. точ- ності	Допуск
31, 32: Ø14	Центрування	12,5	14	0,43
33: 2×45°	Напівчистове точіння	6,3		0,250
34: R5				0,300
35: 6×45°				1,3

На основі базового технологічного процесу та задач проектування нами розроблено ТП обробки деталі. Результати зведено у таблиці 2.5.

Таблиця 2.6 – Маршрут обробки валу ЖВМ22.122.07

№ опер. та оброб. та баз. пов.	Найменування операції	Тип, модель верстата, технологічне спорядження та інструменти
1	2	5
001	Заготівельна	
002	Термічне оброблення	
003	Переміщення Транспортувати заготовки на ділянку механічної обробки	ЕК-2
004	Промивання	Ганчір'я ТУ 63-178-82
015 2, 15 /(12, 11 12), 16/(2, 3)	Фрезерно-центрувальна напівавтоматна Фрезерування торця 1, центрування отвору 2, перевстановлення деталі, фрезерування торця 3 і центрування отвору 4	Верстат моделі МР73М. Фреза торцева 2214-0426 ГОСТ 26595-85. Свердло центрове Ø16 С2-644. Штангенциркуль 530-312 Mitutoyo. Лінійка Starrett Steel Rule 1000 mm; Навушники 3М Peltor Optime I/II/III

1	2	5
020 2, 3, 4, 6/(12, 2, 8)	Токарна з ЧПК Установ І Послідовне точіння поверхонь: 1 -4 і фасок 5 та 6. Перевстановлення деталі	Верстат важкий токарний моделі ТКМ- 600Ф3. Патрон 4-х кулачковий ГОСТ3890-88, Люнет 345678. Центр верстатний обертовий ГОСТ 8742-75, Різець токарний прохідний прямий правий 50x40 Т5К10 НР-4; Різець 010 токарний відрізний зворотний 60x40 l=250 a=12 Т5К10 НР-9. Кронциркуль УСЛ-22, Штангенцикуль 530-312 Mitutoyo Навушники ЗМ Peltor Optime I/II/III
9, 10, 11, 12/(2, 12, 8)	Установ ІІ Послідовне точіння поверхонь: 7, 10, 9, 8 та 11	
025 9/(2, 12, 11)	Зубофрезерна Встановлення в центрах, повірка биття по діаметру зубчастої поверхні з точністю 0,06мм, закріплення. Встановлення черв'ячної фрези, повірка биття по бортиках з точністю 0,02 мм. Чорнове фрезерування зубів m=20; z=26; 5°15'; L=820 за 2 переходи. Чистове фрезерування зубів. T _{очн.} = 4,05 год. Напрямок гвинтової лінії – лівий.	Верстат горизонтально-зубофрезерний моделі 5С373 Індикатор годинникового типу GRIFF ИЧ10 класу 1, виробництва Guilin Measuring, фреза черв'ячна 678-986 ГОСТ 9324-80, Центр 456-6789, Штангензубомір ШЗ 36 ТУ2-034-773- 79 Навушники ЗМ Peltor Optime I/II/III

1	2	5
030	Шпонково-фрезерна Послідовне фрезерування шпонкових пазів 1 та 2	Верстат шпонково-фрезерний моделі ГФ2171Ф3. Фреза шпонкова Ø40 Interstate HSS, Штангенциркуль 530-312 Mitutoyo. Навушники ЗМ Peltor Optime I/II/III
	Зачистка Зачищення заусениців	Верстак 239943. Напильник ГОСТ1465-80 Распиратор «Сніжок-П» ТУ 84-1013-84 Навушники ЗМ Peltor Optime I/II/III
035 13, 14/(2, 3, 11)	Горизонтально-розточувальна Послідовне свердління 3-х отворів Ø20,9. Зенкування фаски 2x45°. Нарізання різі М24 на довжину L=65. Прорвертання стола на 180 град. Послідовне свердління 3-х отворів Ø20,9. Зенкування фаски 2x45°. Нарізання різі М24 довжиною 65 мм.	Верстат координатно-розточний моделі 2А637Ф4 із ЧПК NC-110 Сверло d20,9 ГОСТ10903-77 Зенковка ф40x90° ГОСТ14953-80 2353-0137 Мітчик М24 ГОСТ3266-81 Пробка різьова М36 ГОСТ17758-82 Штангенциркуль 530-312 Mitutoyo Навушники ЗМ Peltor Optime I/II/III
040 2, 4/(12, 2, 8) 12, 10/(2, 12, 8)	Токарна з ЧПК Послідовне чистове точіння поверхонь 1, 2. Перевстановлення деталі Послідовне чистове точіння поверхонь 3 і 4	Верстат важкий токарний моделі ТКМ-600Ф3. Центр упорний ГОСТ13214-79. Центр обертовий ГОСТ8742-75. Різець 4589-6754 Мікрометр МК 400 ГОСТ6507-90 Штангенциркуль 530-312 Mitutoyo Навушники ЗМ Peltor Optime I/II/III
045	Термічна	Установка 4560-8756

Закінчення таблиці 2.6

1	2	5
050	Круглошліфувальна Шліфування поверхонь 1-4	Кругло-шліфувальний верстат моделі 3А174Б. Круг шліфувальний Ø 180 мм × 20 мм Master Abrasives (EN 12413) Круг шліфувальний ПП5А 100х35х40 ГОСТ 2424-83. Зразки шорсткості ISO 2632-1:1979 Mitutoyo Surface Roughness Comparison Specimens Навушники 3М Peltor Optime I/II/III
052	Слюсарна Зачищення заусениць. Периметр зачистки – 40 мм	9999999999 Верстак. 3813210010 3А-382, тара 1459-2170000. Распиратор «Сніжок-П» ТУ 84-1013-84
055	Приймальний контроль	Стіл для контролера ПР1466. Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 16680
	Маркувальна Маркування тов. знаку, позначення креслення	Емаль біла НЦ-25 ГОСТ 5406-71, розчинник 646 ГОСТ 18188-72
060	Консервація. Обдування стисненим повітрям. Змащення солідолом. $S_{зм.} = 3,5 \text{ м}^2$	Солідол "Ж" ГОСТ 1033-79

2.4 Розрахунок міжопераційних розмірів і припусків на обробку

Розрахунок міжопераційних розмірів і припусків на обробку виконуємо для Ø140m6 за методиками, що описані в працях [1 - 3, 8, 12].

Методика та послідовність розрахунків зведені у таблиці 2.6, а результати розрахунків у таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Методика розрахунку міжопераційних розмірів і припусків

	Структурний елемент методики	Аналітична формула та порядок розрахунку	Опис елементів формули та їх значення
1	2	3	4
1	Відхилення осі деталі від прямолінійності	$\Delta_{\Sigma K} = \Delta_K \cdot l$ $\Delta_{\Sigma K} = 0,3 \cdot 1302 = 390,6 \text{ мкм}$	кривизна профілю $\Delta_K = 0,3$; довжина заготовки $l = 1302 \text{ мм}$.
2	Зміщення осі з урахуванням симетрії осі заготовки в результаті похибки центрування.	$\Delta_{\Pi} = 0,25 \cdot \sqrt{T^2 + 1}$ $\Delta_{\Pi} = 0,25 \cdot \sqrt{0,6^2 + 1} = 916 \text{ мкм}$	$T = 0,6$ – допуск на заготовку
3	Величина просторового відхилення	$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\Delta_{\Sigma K}^2 + \Delta_{\Pi}^2}$ $\Delta_{\Sigma} = \sqrt{390,6^2 + 916^2} = 995 \text{ мкм}$	
4	Залишкове просторове відхилення після кожного технологічного переходу	$\Delta_{ост.} = k_y \cdot \Delta_{\Sigma}$	коефіцієнт уточнення $k_y = 0,06$ (чорнове точіння); $k_y = 0,05$ (напівчистове точіння); $k_y = 0,04$ (чистове точіння); $k_y = 0,03$ (шліфування); $k_y = 0,02$ шліфування
5	Похибка встанов- лення заготовки в радіальному направлені	$E = 0$	встановлення в центрах

Закінчення таблиці 2.7

1	2	3	4
6	Розрахунковий припуск для кожного технологічного переходу	$2z_{i \min} = 2 \cdot (R_{zi+1} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + E_i^2})$	
7	Похибка встановлення заготовки на поточному переході.	E_i	
8	Показник мікронерівності поверхні після виконання попереднього переходу	R_{zi+1}	
9	Глибина дефектного шару	на наступному суміжному переході	h_{i-1}
10	Просторове відхилення		Δ_{i-1}
11	Розрахункові розміри		$d_{\min i-1} = d_{\min i} + z_{\min 1}$
12	Значення допуску на оброблення		Td
13	Найбільші граничні розміри $d_{\max}$	$d_{\max i} = d_{\min i} + Td$	
14	Граничні значення припусків	$2z_{\min i} = d_{\min i-1} - d_{\min i}$ $2z_{\max i} = d_{\max i-1} - d_{\max i}$	
	Загальні припуски $z_{o \max}$ та $z_{o \min}$,	$2z_{o \max} = \sum 2z_{o \max i}$ $2z_{o \max} = 610_{\text{мкм}}$ $2z_{o \min} = \sum 2z_{o \min i}$ $2z_{o \min} = 385_{\text{мкм}}$	
	Перевірка розрахунків	$2z_{o \max} - 2z_{o \min} =$ $= Td_3 - Td_{\text{д}}$ $610 - 385 = 250 - 25$ $225 = 225$	

Таблиця 2.8 – Розрахунок припусків на оброблення та граничних розмірів для технологічних переходів для отримання поверхні Ø150m6

Технологічний спосіб отримання поверхні деталі	Квалітет точності	Структурні характеристики припуску				Розрахунковий граничний припуск $2Z_{min}$	Розрахунковий мінімальний розмір у мм	Допуск на виготовлення T_d у мкм	Проміжні розміри на відповідному технологічному переході у мм		Розрахункові граничні припуски у мкм	
		R_z	h	Δ	ε				d_{max}	d_{min}	$2z_{max}$	$2z_{min}$
Початкова заготовка	11	80	150,0	995,0	-	-	150,405	250	150,65	150,40	-	
Точіння напівчистове	9	50,0				180	150,225	100,0	150,30	150,20	350	200,0
Точіння чистове	8	30	25,0	40,0		115	150,110	25,0	150,12	150,10	175	100,0
Термо-оброблення	7	50		35,0		-		40,0	-			
Шліфування	6	6	15,0	30,0		95	150,015	25,0	150,04	150,015	85,0	85,0
Сумарно										610,0	385,0	

2.5. Розрахунок міжопераційних лінійних розмірів на оброблення торцевих поверхонь

Наведемо приклад розрахунку міжопераційних розмірів та припусків на оброблення торцевих поверхонь валу. Для цього нами використано методику, що базується на теорії розмірних ланцюгів [15]. На рисунку А.3 додатку А наведено

Таблиця 2.9 – Математичні залежності та результати виконаних розрахунків міжопераційних припусків для оброблення торцевих поверхонь валу

Позн. розм. ланц. згідно рисунка	Початкові дані	Рівняння розмірного ланцюга з номінальними значеннями розмірів
1	$A_1 = 1302 \pm 0,78; z_4=2,0$	$S_1 = A_1 - z_4 = 1300$
2	$S_2 = 1298 \pm 0,78; z_1=z_4=2,0$	$A_1 = S_2 + z_1 + z_4 = 1302$
3	$S_4 = 174 \pm 0,19; z_3=1,0$	$S_4 = S_3 - z_3 = 175 - 1 = 174$
4	$S_3 = 174 \pm 0,19; z_2=1,2$	$S_3 = A_2 - z_2 = 172,8 + 1,2 = 174$
Позн. розм. ланц. згідно рисунка	Допуск розміру T_p та відповідний міжопераційний розмір з таким допуском	Розрахунок остаточного значення припуску
1	$T_p=0,780; S_1 = 1300 \pm 0,780;$	$z_4 = A_1 - S_1 = 1302 \pm 0,78 - 1300 \pm 0,78 = 2 \pm 1,56$
2	$T_p=0,780; A_1 = 1302 \pm 0,780; z_4=2 \pm 1,560$	$z_1 = A_1 - S_2 - z_4 = 1302 \pm 0,78 - 1298 \pm 0,78 - 2 \pm 1,56 = 3 \pm 3,12$
3	$T_p=0,190; S_4 = 174 \pm 0,190;$	$z_3 = S_4 - S_3 = 175 \pm 0,19 - 174 \pm 0,19 = 1 \pm 0,38$
4	$T_p=0,190; S_3 = 174 \pm 0,190$	$z_2 = S_3 - A_2 = 174 \pm 0,19 - 172,8 \pm 0,19 = 1,2 \pm 0,380$

схему розміщення міжопераційних розмірів та припусків на оброблення згаданих поверхонь та схеми відповідних розмірних ланцюгів.

Елементи математичних залежностей та результати виконаних розрахунків подано у таблиці 2.8.

На основі даних таблиці 2.9 виконуємо вибір міжопераційних розмірів і припусків на обробку усіх поверхонь оброблюваної заготовки (табл. 2.10).

Таблиця 2.10 – Міжопераційні розміри з допусками

Розмір поверхні у мм	Найменування переходу		Шор- сткість в од. Ra	Квалітет точності розміру	Допуск розміру	При- пуск	Розмір з допуском міжопера- ційний
1	2		3	4	5	6	7
торець Ø230r6	Початкова заготовка		20	11			Ø1302,2
	Чорнове підрізання торця		12,5		0,780	2,10	1298±0,39
Ø14	Заготовка						
	Центрування отвору						Ø14,0
Ø230r6	Проміжна заготовка						
	Точіння	напівчистове	6,3	9	0,100	1,00	132,2±0,5
		чистове	1,6	6	0,040	0,70	Ø131,8±0,2
		Шліфування			+0,088 +0,065	0,40	Ø130 ^{+0,088} +0,065
Ø240h9	Початкова заготовка		12,5	11			Ø144,5
	Напівчистове точіння		6,3	9	-0,1	2,25	Ø240 ⁺⁰ -0,1

Продовження таблиці 2.10

1	2		3	4	5	6	7
Ø260m6	Початкова заготовка		12,5	11			Ø264,5
	Точіння	напівчистове	6,3	9	⁺⁰ _{-0,1}	1,0	Ø 262,5 ⁺⁰ _{-0,1}
		чистове	1,6	6	^{+0,088} _{+0,063}	0,95	Ø 260,6 ^{+0,088} _{+0,063}
	Шліфування		0,8		^{+0,040} _{+0,015}	0,30	Ø 260 ^{+0,040} _{+0,015}
L=175	Початкова заготовка		12,5	11			172,8
	Підрізан-ня торця	напівчистове	6,3	9		1,20	174
		чистове	1,6	6		1,10	175
Ø230r6	Початкова заготовка		12,5	11			Ø230,2
	Чорнове підрізання торця				0,78	2,10	1298±0,39
Ø14	Початкова заготовка						
	Центрування отвору						Ø14
Ø230r6	Заготовка проміжна						Ø234,2
	Точіння	напівчистове	6,3	9	0,10	1,00	232,2±0,5
		чистове	1,6	6	0,04	0,70	Ø231,8±0,2
	Шліфування				^{+0,088} _{+0,065}	0,40	Ø 230 ^{+0,088} _{+0,065}
Ø240h9	Початкова заготовка		12,5	11			Ø144,5
	Напівчистове точіння		6,3	9	-0,1	2,25	Ø 240 ⁺⁰ _{-0,1}

Закінчення таблиці 2.10

1	2	3	4	5	6	7
Ø240m6	Початкова заготовка	12,5	11			Ø144,5
	Напівчистове точіння	6,3	9	$\begin{smallmatrix} +0 \\ -0,1 \end{smallmatrix}$	1,00	$\text{Ø } 242,5 \begin{smallmatrix} +0 \\ -0,1 \end{smallmatrix}$
	Чистове точіння	1,6	6	$\begin{smallmatrix} +0,088 \\ +0,063 \end{smallmatrix}$	0,95	$\text{Ø } 240,6 \begin{smallmatrix} +0,088 \\ +0,063 \end{smallmatrix}$
	Шліфування	0,8		$\begin{smallmatrix} +0,040 \\ +0,015 \end{smallmatrix}$	0,30	$\text{Ø } 240 \begin{smallmatrix} +0,040 \\ +0,015 \end{smallmatrix}$
Ø290,2	Початкова заготовка	12,5	11			Ø194,6
	Напівчистове точіння	6.3	9	$\pm 0,145$	2,20	$\text{Ø } 290,2 \pm 0,145$
	Нарізування зубів			$\pm 0,145$		$\text{Ø } 290,2 \pm 0,145$
32N9	Початкова заготовка	12,5	11			
	Фрезерування 2-х шпонкових пазів	6,3	9	$\begin{smallmatrix} +0 \\ -0,062 \end{smallmatrix}$		$32 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0,062 \end{smallmatrix}$
M16×40	Початкова заготовка	12,5	11	0,250		
	Свердління	6,3	9	0,100		Ø14
	Зенкерування	3,2	8	0,063		
	Нарізання різі			$\begin{smallmatrix} 0 \\ +0,026 \end{smallmatrix}$		M16×40

2.6 Розрахунок режимів різання розрахунково-аналітичним методом

Розрахунок режимів різання розрахунково-аналітичним методом здійснюємо за відомими методиками, описаними в працях [3, 13, 16].

Порядок розрахунку та необхідні залежності подані у таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 - Аналітичні залежності для розрахунку режимів різання
розрахунково-аналітичним методом

№ з/п	Показник	Розрахункова формула	Коефіцієнти
1	2	3	4
Підрізання торця (чорнове точіння)			
1	t = 2 мм; S = 0,5 мм/об Швидкість різання	$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot k_v =$ $= \frac{340}{30^{0,20} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} \cdot 0,8 = 172,15 \text{ м/хв}$ Загальний уточнюючий коефіцієнт $k_v = k_{mv} \cdot k_{nv} \cdot k_{uv}$	$C_v = 350; m = 0,20;$ $x = 0,15; y = 0,35;$ $T = 30 \text{ хв.}$ $k_{mv} = 1; k_{nv} = 0,8;$ $k_{uv} = 1; k_v = 1 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,8$
2	Сила різання	$P_{z,y,x} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot k_p$ $k_p = k_{mp} \cdot k_{\varphi p} \cdot k_{\lambda p} \cdot k_{rp}$	$C_p = 300; 243; 339;$ $x = 1,0; 0,9; 1,0; y = 0,75;$ $0,6; 0,5; n = 0.$
3		$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2^1 \cdot 0,5^{0,75} \cdot 172^0 \cdot 1,08 =$ $= 3853 \text{ Н},$ $k_{pz} = 1 \cdot 1,08 \cdot 1,15 \cdot 1,0 \cdot 0,87 = 1,08;$	$k_{mp} = 1; k_{\varphi p} = 1,08;$ $k_{\lambda p} = 1,15;$ $k_{rp} = 1,0; k_{rp} = 0,87.$
4		$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 2^{0,9} \cdot 0,5^{0,6} \cdot 172^0 \cdot 1,29 =$ $= 3722,6 \text{ Н},$ $k_{py} = 1 \cdot 1,63 \cdot 1,6 \cdot 0,75 \cdot 0,66 = 1,29;$	$k_{mp} = 1; k_{\varphi p} = 1,63;$ $k_{\lambda p} = 1,6;$ $k_{rp} = 0,75; k_{rp} = 0,66.$
5		$P_x = 10 \cdot 339 \cdot 2^1 \cdot 0,5^{0,5} \cdot 172^0 \cdot 1,27 =$ $= 6088,6 \text{ Н.}$ $k_{px} = 1 \cdot 0,7 \cdot 1,7 \cdot 1,07 \cdot 1,0 = 1,27.$	$k_{mp} = 1; k_{\varphi p} = 0,7;$ $k_{\lambda p} = 1,7;$ $k_{rp} = 1,07; k_{rp} = 1,0.$
6	Потужність різання	$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} =$ $= \frac{3853 \cdot 172}{1020 \cdot 60} = 10,8 \text{ кВт}$	

Закінчення таблиці 2.11

1	2	3	4
Центрування отвору			
7	Глибина різання	$t = 0,5 \cdot D \quad t = 0,5 \cdot 14 = 7 \text{ мм.}$	D – діаметр отвору;
8	Швидкість різання	$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot k_v =$ $= \frac{7 \cdot 14^{0,4}}{30^{0,2} \cdot 0,5^{0,7}} \cdot 1 = 17,33 \text{ м/хв}$ Загальний уточнюючий коефіцієнт $k_v = k_{MV} \cdot k_{IV} \cdot k_{IV} = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$	$C_v = 7,0;$ $q = 0,4; y = 0,7; m = 0,2;$ $T = 30 \text{ хв. } k_{MV} = 1; k_{IV} = 1$
9	Крутний момент	$M_{\text{оберт.}} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot k_p =$ $= 10 \cdot 0,0345 \cdot 14^2 \cdot 0,5^{0,8} \cdot 1 = 38,9 \text{ Н} \cdot \text{м}$	$C_m = 0,0345;$ $q = 2; y = 0,8.$
10	Осьова сила	$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot k_p$ $= 10 \cdot 68 \cdot 14^1 \cdot 0,5^{0,7} \cdot 1 = 5,8 \text{ Н}$	$k_p = 1; C_p = 68;$ $q = 1,0; y = 0,7.$
11	Потужність різання	$N_e = \frac{M_{\text{оберт.}} \cdot n}{9750}$	
12	Частота обертання інструменту чи заготовки	$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 17,33}{3,14 \cdot 14} = \frac{17330}{43,96} =$ $= 3,9 \text{ кВт}$	

Значення уточнюючого коефіцієнту залежить від коефіцієнту k_{MV} якості оброблюваного матеріалу, коефіцієнту стану поверхні заготовки та коефіцієнту інструменту. Значення уточнюючого коефіцієнту k_p залежить від коефіцієнту k_{mp} якості оброблюваного матеріалу, коефіцієнтів $k_{\phi p}, k_{\gamma p}, k_{\lambda p}, k_{rp}$ впливу геометричних параметрів інструменту.

У розрахунках швидкості різання при свердлінні ураховано коефіцієнт k_{IV} глибини свердління.

У розрахунках крутного моменту ураховано k_p коефіцієнт, який враховує фактичні умови роботи.

Результати розрахунків режимів різання на інші поверхні зведено у таблиці А.3.

2.7 Нормування технологічних операцій розрахунково-аналітичним методом

Нормування технологічних операцій розрахунково-аналітичним методом виконуємо за методиками, описаними в працях [3, 13, 16].

Таблиця 2.12 - Нормування технологічних операцій розрахунково-аналітичним методом

№ з/п	Вид оброблення	Розрахункова формула	Коефіцієнти, параметри	
1	2	3	4	
Чорнове точіння та центрування отвору (операція 015)				
1	Норма штучно-калькуляційного часу	$T_{шт.к.} = \frac{T_{п.з.}}{n} + T_{шт.}$ $T_{шт.к.} = 23/50 + 6,9 = 7,36хв$	кількість деталей в налагодженій партії $n=50$ шт.;	
2	Підготовче-заключний час, хв	$T_{п.з.} = 10 + 2 + 2 + 2 + 7 = 23хв$	встановлення	деталі – 10 хв.;
3				упору – 2 хв.;
				люнету – 2 хв.;
				різця – 2 хв.;
			Встановлення і зняття інструменту та пристосування до початку і після оброблення 7 хв..	

Закінчення таблиці 2.12

1	2	3	4
4	Норма штучного часу	$T_{шт.} = T_o + T_{\partial} + T_{об.} + T_{відп.}$ $T_{шт.} = 6,45 + 0,45 = 6,9хв$	
5	Основний час	$T_{o1} = 0,19 \cdot D^2 \cdot 10^{-3}$ $T_{o1} = 0,19 \cdot 130^2 \cdot 10^{-3} = 3,2хв;$ $T_{o2} = 0,52 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3}$ $T_{o2} = 0,52 \cdot 14 \cdot 25 \cdot 10^{-3} = 1,82хв;$ $T_o = 3,2 + 1,82 = 5,02хв.$	l – відповідно довжина і діаметр оброблюваної поверхні у мм; d – діаметр отвору у мм;
	Допоміжний час	$T_{\partial} = k \cdot (T_{y.c.} + T_{з.о.} + T_{y.n..} + T_{и.з.})$ $T_{\partial} = 1,85 \cdot (0,24 + 0,196 + 0,1 + 0,24) = 1,43хв$	складається з витрат часу на окремі прийоми $k = 1,85$; $T_{y.c.} = 0,24хв.$; $T_{з.о.} = 0,196хв.$ $T_{y.n..} = 0,1хв.$ $T_{и.з.} = 0,24хв. –$
	Час на обслуговування робочого місця, відпочинок та власні потреби	$T_{об.} T_{об} + T_{відп} = 0,07 \cdot T_{он}$ $T_{об} + T_{отд} = 0,07 \cdot 6,45 = 0,45хв$	час на перерви, відпочинок та власні потреби $T_{відп.}$
	Оперативний час	$T_{он} = T_o + T_{дон}, T_{он} = 5,02 + 4,3 = 6,45хв.$	

Допоміжний час урахує показник коефіцієнта середньосерійного виробництва; час на встановлення та зняття деталі у технологічне

спорядження; час на фіксацію та розфіксацію деталі; час на скеровування; час на вимірювання деталі штангенциркулем.

Результати розрахунків для інших поверхонь зведено у таблиці А.3.

2.8 Уточнення типу виробництва

Розрахунок показників типу виробництва згідно [3, 13, 16] наведено у таблиці 2.13.

Таблиця 2.13 – Методика розрахунку типу виробництва та фактичної верстатомісткості

Назва показника	Розрахункова формула	Результат розрахунку
Коефіцієнт серійності K_c	$K_c = \frac{\tau_{\text{с}}}{T_{\text{ум.ср.}}}$	$K_{\text{с.уч.}} = \frac{2706}{3,09 \cdot 60} = 14,5$
Середній штучний час по основних операціях на ділянці	$T_{\text{ум.ср.}} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{\text{ум.і}}}{\sum n}$	$T_{\text{ум.ср.}} = \frac{92,88}{30} = 3,09 \text{ хв}$
Умова середньосерійного типу виробництва	$10 < K_c < 20$	Виконано
Середній рівень виконання норм у відсотках	В	
Зведена працемісткість у нормогодинах	T_n	
Фактична (досягнута) працемісткість у н. годинах	$T_{\phi} = \frac{T_i \cdot 1000}{B}$	$T_{\phi} = \frac{510486 \cdot 100}{98} = 5,20 \times 10^5$
Коефіцієнт багатOVERстатного обслуговування	Км. об	
Фактична верстатомісткість у верстато-годинах	$T_{\text{см}} = T_{\phi} \cdot K_{\text{м. о.}},$	$K_{\text{м. про}}=1; T_{\text{см}}=520905$ верст. годин

Розрахунками підтверджено середньосерійний тип виробництва та розраховано фактичну верстатомісткість.

2.9 Висновки до розділу

У розділі виконано обґрунтування способу отримання заготовки, яке включало їх проектування та техніко-економічне обґрунтування способу їх отримання. На основі порівняння способів отримання початкової заготовки валу штампуванням на молотах та кування на радіально-обтискних машинах показано ефективність останньої технології. У роботі проведено синтез конструкторського коду на основі технологічного класифікатору та типового ТП, що дозволило вибрати типовий ТП отримання валу. На його основі виконано розробку маршруту обробки деталі. Для ефективної реалізації ТП проведено розрахунок міжопераційних розмірів і припусків на обробку, розрахунок міжопераційних лінійних розмірів на оброблення торцевих поверхонь, розрахунок режимів різання розрахунково-аналітичним методом, нормування технологічних операцій розрахунково-аналітичним методом та уточнення типу виробництва. Розрахунками підтверджено середньосерійний тип виробництва.

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Проектування технологічного спорядження для фрезерного верстату ГФ2171Ф3

3.1.1 Сема базування заготовки та розрахунок режимів різання

Для реалізації процесу механічного оброблення оброблювану заготовку встановлюють циліндричними шийками на призми та фіксують притискними елементами (прихватами (рис. А.20) на вертикально-фрезерному верстаті мод. ГФ2171Ф3, який споряджений нерухомою консоллю.

Лімітуючим фактором проектування технологічного спорядження є режими різання, що характеризуються найбільшими силовими факторами: $V=7,49$ м/хв, $S_z=0,016$ мм/зуб, $n=78$ об/хв. Вони виникають у процесі фрезерування шпонкового пазу.

Розрахунок силових параметрів здійснюємо за відомими формулами:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP} = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 1,5^{0,85} \cdot 0,037^{0,75} \cdot 32^1 \cdot 2}{32^{0,73} \cdot 78^{-0,13}} = 725,76 \quad (3.1)$$

$$P_h = 0,4 \cdot P_z = 0,4 \cdot 725,76 = 290,304 \text{ Н. } P_y = 0,9 \cdot P_z = 0,9 \cdot 725,76 = 653,184 \text{ Н.}$$

$$P_v = 0,4 \cdot P_z = 0,4 \cdot 725,76 = 290,304 \text{ Н. } P_x = 0,55 \cdot P_z = 0,55 \cdot 725,76 = 399,168 \text{ Н.}$$

де C_p – константа;

x, y, u, q, w – коефіцієнти у формі показники степенів, що визначають ступінь впливу різних факторів на силовий параметр;

K_{MP} – уточнюючий коефіцієнт умоа механічного оброблення.

3.1.2 Розрахунок похибки базування

Розрахунок похибки базування виконуємо за відомими методиками.

Для базування за зовнішньою циліндричною поверхнею у призму з кутом альфа при обробленні під кутом 90 град. до осі симетрії призми: оброблюваний розмір – 42 мм, допуск за діаметром - 0,087, кут альфа – 60 град. величина похибки базування – 0,05 мм.

Характеристики базової поверхні: встановлення на опори з точковим і лінійним контактом (призми), пристосування з ексцентриковим затиском, базова поверхня шліфована, поперечний розмір заготовки 160 мм, величина похибки закріплення – 0,10 мм.

Для таких умов похибка базування – 0,05мм, похибка закріплення – 0,10 мм, похибка встановлення валу – 0,112мм.

3.1.3 Розрахунок сили затиску

Розрахунок сили затиску виконуємо із міркувань урахування дії силового фактору P_h що прагне зсунути заготовку з призм та дії сил тертя T и T_1 , у місці затиску валу, опертого на робочі поверхні призм [4].

Величину зусилля затиску визначаємо із рівнянь рівноваги силових факторів:

$$PW = \frac{K \cdot P_h}{f + 2 \cdot f_1} = \frac{P_h}{f + 2 \cdot f_1} K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 = \frac{290,304}{0,14 + 2 \cdot 0,1974} 1,5 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,3 = 1270,2 \text{ Н} \quad (3.2)$$

де f і f_1 – коефіцієнти тертя відповідно в місцях спряження деталі зі спорядженням затиску в місці виникнення силового фактору PW та на опорних призмах: $f = 0,14$, $f_1 = 1,41 \cdot 0,14 = 0,1974$.

Коефіцієнт запасу K є комплексним коефіцієнтом, що рівний добутків гарантованого коефіцієнту запасу K_0 , коефіцієнту K_1 , що враховує вид технологічної бази (чистові бази), коефіцієнту K_2 , що враховує вплив зростання сил

різання через затуплення ріжучих крайок зубів фрези, коефіцієнту K_3 , що враховує дискретність поверхні фрезерування.

Величина зусилля затиску визначається діаметром фрези D_ϕ , відстанями l_2, l_3 від осі фрези до вісей встановлених призм, відстанями l_1, l_4 від осі фрези до осей прикладення зусилля затиску для реалізації умови рівноваги оброблюваної заготовки:

$$PW^{11} = \frac{K \cdot P_v \cdot D_\phi}{f \cdot l_1 + f_1 \cdot l_2 + f_1 \cdot l_3 + f \cdot l_4} =$$

$$= \frac{2.34 \cdot 290.304 \cdot 36}{0.14 \cdot 428 + 0.1974 \cdot 188 + 0.1974 \cdot 1732 + 0.14 \cdot 1530} = 37,4 \text{ Н} \quad (3.3)$$

Силовий фактор P_v спричиняє провертання заготовки навколо поздовжньої осі фрези. Фіксація забезпечується моментами спричиненими діями сил тертя T і T_1 .

Визначаючим параметром зусилля затиску є максимальний силовий фактор $PW=1,28$ кН.

Для важільного затискного механізму з гідравлічним приводом діаметр поршня гідроциліндра визначають за формулою:

$$D_{II} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{Q}{P}} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{846,8}{1}} = 32,88 \text{ мм}, \quad (3.4)$$

так як зусилля, прикладене до штока силового приводу

$$Q = \frac{W}{i_c} = \frac{1270,2}{1,5} = 846,8 \text{ Н}.$$

У формулах нами позначено: P – робочий тиск мастила в системі у МПа, i_c – передаточне відношення за силовим параметром у затискному механізмі.

У підсумку приймаємо $D_{II} = 35,0$ мм.

3.1.4 Опис пристрою

Основні вузли та деталі пристрою:

1. Основна плита (поз. 9) є базою для встановлення всіх інших деталей. Має пази для кріплення V-подібних опор, напрямних і фіксаторів
2. V-подібні опори (поз. 5, 6): виготовлені зі сталі, поверхні мають шорсткість Ra 0,63 або менше. Кут V-опори: 90°. Вони забезпечують точне встановлення та центровану посадку вала Ø170. Вони жорстко кріпляться до основи через посадочні отвори
3. Кришки з гвинтами фіксації (поз. 1, 2): притискають вал зверху через м'яку вставку (можливо, з латуні або полімеру). Гвинти: M16×1,5-6g, дають можливість точної підгонки.
4. Фіксатор (поз. 8): встановлений безпосередньо під валом і виконує функцію упору або центрального пальця, який входить у конічну виїмку деталі. Має посадку Ø17 H7, вставляється у втулку Ø17 h7. Це гарантує точну співвісність
5. Напрямна втулка (поз. 7): має посадку H7/h7 з фіксатором і забезпечує жорстке фіксування осьової позиції деталі.
6. Гвинтовий вузол (розріз В): зображено розбірний вузол з різьбовим з'єднанням M10×1,25-6g. Зверху — ручка або опора, якою оператор затискає або регулює деталь. Містить розрізну пружину, шайбу й упорну поверхню
7. Інші елементи: пружинні елементи, які забезпечують компенсацію при навантаженнях. Шпонкові або пазові з'єднання — для фіксації взаємного положення

Функціональне призначення пристрою:

Базування вала Ø170 мм у двох V-опорах

Центрування за допомогою фіксаторів із посадкою H7/h7

Притиск і надійна фіксація зверху гвинтами

Контроль осьового зміщення, биття або інших параметрів

Можливість швидкої установки/зняття деталі з забезпеченням точного повторного позиціонування

3.2 Вибір спеціального пристосування для контролю допуску циліндричності та круглості

Вибір пристрою для контролю допуску циліндричності та круглості циліндричної поверхні $\varnothing 170\text{m}6$ здійснюємо із умови визначення значення в окулі $0,01\text{ мм}$ та умові встановлення опорному столі. У пристрої базування контрольованої деталі забезпечується центровими отворами (рис. А.21). Контроль здійснюють шляхом підведення електронного індикатора до визначеної поверхні деталі, закріпленої в шпинделі верстату. При обертанні деталі фіксують допуск поверхні за показником індикатора. Показник точності такого контрольного спорядження $T=0,008\text{мм}=8\text{мкм}$.

Основні ознаки з креслення:

Допуск співвісності $0,01\text{ мм}$ – контроль високої точності положення вала.

Шорсткість $Ra\ 1.6$ – контроль якості обробки поверхні.

Опорні вузли (поз. 5) – вказують, що вал або деталь має вкладатися у пристрій з підтримкою по кінцях.

Інші елементи (поз. 3, 4, 6, 7) – є кріпленнями, фіксаторами та базовими упорами.

3.3 Висновки до розділу

У розділі виконано проектування технологічного спорядження для фрезерного верстату моделі ГФ2171Ф3, в рамках якого виконано розроблення семи базування заготовки та розрахунок режимів різання, розрахунок похибки базування та сили затиску. Також виконано вибір спеціального вимірювального спорядження для контролю допуску циліндричності та круглості валу ЖВМ22.122.07.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Заходи, які забезпечують обезпилення повітря в механообробному цеху

Очищення повітря від пилу може здійснюватися як при подачі зовнішнього повітря в приміщення, так і при видаленні з нього запиленого повітря. У першому випадку забезпечується захист працюючих у виробничих приміщеннях, а в другому – захист навколишньої атмосфери.

Універсальних пиловловлюючих пристроїв, придатних для будь-яких видів пилу і для будь-яких початкових концентрацій, не існує. Кожен з цих пристроїв придатний для визначеного виду пилу, початкової концентрації і необхідного ступеня очищення.

Важливим показником роботи пиловловлюючого устаткування є коефіцієнт очищення повітря, що визначається за формулою [5]

$$K_{\phi} = \frac{q_1 - q_2}{q_1} \cdot 100\%,$$

де q_1 і q_2 – вміст пилу до і після очищення, мг/м³.

Очищення повітря від пилу може бути грубим, середнім і тонким. При грубому очищенні повітря затримується крупний пил з розмір часток більше 100 мкм). Таке очищення можна використовувати, наприклад, як попереднє очищення для сильно запиленого повітря при багатоступінчастому очищенні. При середньому очищенні затримується пил з розміром часток до 100 мкм, а його кінцевий вміст не повинний бути більшим 100 мг/м³. Тонке очищення, при якому затримується дуже дрібний пил з розміром часток до 10 мкм та кінцевим вмістом у повітрі до 1 мг/м³.

Устаткування для обезпилення повітря поділяється на пиловловлювачі і фільтри.

Пиловловлювачі – це пристрої, дія яких ґрунтується на використанні інерційних сил для осадження часток пилу, що відокремлюють пил від повітряного

поток при зміні швидкості (у пилоосаджуючих камерах) і напрямку його руху (одиничні і батарейні циклони, інерційні і ротаційні пиловловлювачі).

Пиловловлювачі застосовують при вмісті пилу в повітрі, більш 150 мг/м^3 .

Пилоосаджуючі камери застосовують для осадження крупного і важкого пилу з розміром часток більше 100 мкм . Швидкість запиленого повітря в поперечному перерізі камери приймається невеликою – близько $0,5 \text{ м/с}$ для того, щоб пил міг осісти в камері раніше, ніж залишить її. Тому габарити камер виявляються досить значними, що обмежує їх застосування, незважаючи на очевидні переваги – дешевизна і простота експлуатації.

Ефективність очищення можна збільшити (до $80 - 95 \%$), якщо камеру виконати лабіринтного типу, хоча це спричиняє збільшення гідравлічного опору.

Циклони. Їх застосовують для грубого і середнього очищення від сухого не волокнистого пилу, що злипається. Пилозбірник в циклонах побудовано на принципі відцентрової сепарації. Потрапляючи в циклон по дотичній через вхідний патрубок, повітряний потік набуває обертального руху по спіралі, і опустившись до дна конічної частини, виходить назовні через центральну трубу. Під дією відцентрових сил частки пилу відкидаються до стінки циклона і захоплюються повітряним потоком, опускаються на дно циклона, а звідти видаляються в пилозбірник. Ефективність очищення збільшується (до 90%) при зменшенні розмірів циклона, оскільки величина відцентрової сили обернено пропорційна відстані між частками пилу до осі циклона. Тому замість одного циклона великого розміру ставлять паралельно два чи більше циклонів менших розмірів – так звані батарейні циклони.

Через можливе загоряння і вибухи пилу в циклонах їх встановлюють поза виробничими приміщеннями.

Для очищення повітря зі значним змістом пилу використовують циклони з водяною плівкою, яка створюється на його внутрішній поверхні.

Ротаційні пиловловлювачі представляють собою відцентровий вентилятор, що одночасно з переміщенням повітря очищає його від крупних часток пилу

завдяки силам інерції, що виникають при обертанні робочого колеса. Вони знаходять застосування у виробництвах, якому притаманна значна запиленість

виробничих приміщень, наприклад у ливарному. Вони забезпечують порівняно високу ефективність очищення: для часток пилу від 8 до 20 мкм – 83 %, а для більших – до 97 %.

Фільтри – це пристрої, у яких запилене повітря пропускається через пористі, сітчасті матеріали, а також через конструкції, здатні затримувати чи осаджувати пил.

У якості фільтруючих матеріалів застосовують скловату, гравій, кокс, металеву стружку, пористий папір чи тканину, тонку металеву сітку, порцелянові чи металеві порожнинні кільця.

Паперові фільтри. Фільтруючим матеріалом у них є гофрований, пористий папір (целюзна вата) чи так званий шовковий (шовковистий пористий папір), складений в 4 - 10 аркушів і закладений в спеціальні касети. Такі касети встановлюються в металеві каркаси. Ефективність очищення паперових фільтрів дуже висока – до 98 – 99 %. Ці фільтри використовують для очищення повітря, яке подається в приміщення.

Для того щоб касети періодично звільнялися від часточок пилу, що осаджується на них в процесі експлуатації, забезпечується можливість струшування фільтру.

Масляні фільтри. Такі фільтри застосовують для очищення повітря, яке подається в приміщення при малих концентраціях пилу (до 20 мг/м³).

Ряд конструкцій представляють собою касету, обтягнуту сіткою і заповнену порцеляновими чи мідними кільцями, гофрованими сітками. Ця касета перед установкою в мережу опускається у вазелінову олію.

Частки пилу, проходячи з повітрям через лабіринт отворів, утворених кільцями чи сітками, затримуються на їх змоченій поверхні. Ефективність очищення сягає 95 - 98 %.

В даний час широке застосування одержали самоочисні масляні фільтри, у яких фільтрація здійснюється двома полотнами з металевої сітки, які безупинно

рухаються. Нижня частина полотна на 150 мм занурена в масло, що знаходиться у ванні.

При забрудненні масляних фільтрів кільця і сітки промивають у содовому розчині.

Електричні фільтри застосовують для очищення повітря і газів від дрібнодисперсного пилю. При проходженні запиленого газу чи повітря через фільтр відбувається іонізація часток пилю, тобто утворення позитивних і негативних іонів. Пил, що одержав заряд від негативного електрода, прагне осісти на позитивному електроді, яким є заземлені стінки фільтра і спеціальні осаджуючі електроди. Ці електроди періодично струшуються за допомогою спеціального механізму а осілий пил збирається в бункері, звідки, за мірою заповнення, видаляється.

Ультразвуковий фільтр використовується для тонкого очищення. Його робота заснована на явищі, що під впливом ультразвуку високої інтенсивності відбувається коагуляція дрібних часток пилю. Великі частки, що утворюються при цьому, осаджуються в звичайних пиловловлювачах наприклад у циклонах. Ефективність очищення складає 90 % при дії ультразвуку протягом 3 - 5 с.

Якщо необхідна ефективність очищення досягається в одному пиловловлювачі чи фільтрі, то таке очищення називається одноступінчастим. Для одержання необхідної чистоти використовують двоступінчасте очищення. Наприклад, якщо першою ступінню очищення повітря є циклон, то в якості другої може служити масляний фільтр тощо.

Правильна експлуатація фільтрів (своєчасне очищення, промивання тощо) має велике значення для ефективної роботи вентиляції.

4.2 Огляд потенційних небезпек від устаткування та систематизація заходів щодо їх зниження

В умовах діяльності людини значна кількість аварій і травм виникає внаслідок конструктивних недоліків машин, механізмів, обладнання, інструменту, захисних та запобіжних пристроїв, а також через недосконалість технологічних процесів та засобів захисту людей.

Час існування машини визначається такими стадіями: науково-дослідницькі роботи; дослідно-конструкторські роботи; технологічні роботи; виробництво (виготовлення) машини; постачання замовнику (продаж) –експлуатація.

На кожній з цих стадій повною мірою повинні враховуватись вимоги безпеки до конструкції машини чи технічного виробу. Якщо на стадії науково-дослідницьких розробок формуються технічні вимоги до виконання дослідно-конструкторських робіт, то на стадії останніх створюється конструкція машини. При цьому вже повинні бути враховані правила безпеки при експлуатації машини відповідно до різних можливих аварійних, катастрофічних і травмонезбезпечних ситуацій. За таких умов конструктори можуть передбачати виникнення таких явищ і вносити відповідні зміни у конструкцію машини, що проектується.

Реалізація конструкторських рішень, закладених у машину, забезпечується розробкою технологічних процесів, технічною підготовкою виробництва і виробничими процесами виготовлення. Технічні рішення щодо запобігання можливих аварійних та інших ситуаціях мають паралельно втілюватись у процеси виготовлення та доводки конструкції машини.

Подальші стадії циклу існування машини – постачання споживачу і експлуатація – повинні забезпечити збереження всіх властивостей, закладених конструкторами і технологами при проектуванні, підготовці до виробництва виготовленні виробу в машинобудівному виробництві.

Непродуманість конструкторами і технологами упаковки виробів (що забезпечило б збереження на стадії постачання та продажу), технології навантажування, транспортування та розвантажування, складування, зберігання і

передпродажного обслуговування, а також недотримання існуючих правил виконання цих процесів, як правило, призводять до погіршення конструкції виробів. У свою чергу, порушення правил експлуатації машин викликає їх передчасне спрацьовування, руйнування та старіння, що є причиною різних небезпечних ситуацій. В процесі експлуатації техніки визначаються такі основні конструкторсько-технологічні недоліки:

- недотримання вимог до конструкцій машин щодо безпеки і гігієни праці, єдиних і загальних вимог до робочого місця оператора машини, нормативних рівнів вібрацій і шуму на робочих місцях, вимог до електроустановок і посудин, що працюють під тиском, до будови пневмопроводів, зовнішніх освітлювальних приладів самохідних машин, попереджувальних написів на огорожах, фарбування огорожень, захисту машин від виникнення на них електричного струму, забезпечення ручних електрифікованих машин живленням від джерела струму напругою не вище 36 В і обладнання їх заземлення, забезпечення електричних нагрівників води запобіжними пристроями;

- підвищені рівні шуму та вібрацій на робочих місцях;

- невідповідність фарбового покриття машини та її складових частин залежно від їх функціонального призначення (фарбування нерухомих і обертових деталей однакове замість відмінного);

- відсутність пристроїв для захисту обслуговуючого персоналу від дії рухомих деталей;

- відсутність попереджувальних написів;

- неякісна конструкція упаковки, що спричиняє поломку опорних складових частин, деформацію корпусів приводів ланцюгових та інших передач і їх поломку, потрапляння пилу та інших забруднень у гідросистему через незахищені отвори трубок, що призводить до підвищеного спрацювання, заклинювання деталей гідросистем і само опускання націпних машин і знарядь.

Виробниче і побутове обладнання має задовольняти вимоги безпеки при монтажі, експлуатації, ремонті, транспортуванні й зберіганні, при використанні окремо або у складі комплексів і технологічних систем. У процесі експлуатації воно

не повинно забруднювати викидами шкідливих речовин навколишнє середовище (повітря, ґрунт, водойми) понад норми, регламентовані стандартами.

Безпека виробничого обладнання має гарантуватися:

- вибором безпечних принципів дії, конструктивних схем, елементів конструкції тощо;
- застосуванням у конструкції засобів механізації, автоматизації, дистанційного керування і засобів захисту;
- дотриманням ергономічних вимог;
- включенням вимог безпеки у технічну документацію з монтажу, експлуатації, ремонту, транспортування і зберігання;
- застосуванням у конструкції відповідних матеріалів. Виробниче обладнання повинно бути пожежо- та вибухобезпечним. При експлуатації не створювати небезпеки внаслідок дії вологи, сонячної радіації, механічних коливань, високих та низьких тисків і температур, агресивних речовин, вітрових навантажень, обледеніння, мікроорганізмів, грибів, комах тощо. Протягом усього терміну експлуатації воно має відповідати вимогам безпеки.

Відповідно до загальних вимог необхідно дотримуватися таких правил розробки основних елементів конструкцій: матеріали, що використовуються в конструкції виробничого обладнання, повинні бути безпечними і нешкідливими. Не допускається використовувати нові речовини і матеріали, які не пройшли гігієнічну перевірку, а також перевірку на пожежобезпеку в установленому порядку.

4.3 Висновки до розділу

У розділі систематизовано основні заходи, які забезпечують обезпилення повітря в механообробному цеху, а також виконано огляд потенційних небезпек від устаткування із систематизацією заходів щодо зниження та мінімізації їх шкідливого впливу.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У роботі розроблено технологічний процес виготовлення валу ЖВМ22.122.07, вибрано необхідне технологічне спорядження та інструменти для його реалізації. Для цього виконано обґрунтування способу отримання заготовки, яке включало їх проектування та техніко-економічне обґрунтування способу їх отримання. На основі порівняння способів отримання початкової заготовки валу штампуванням на молотах та кування на радіально-обтискних машинах показано ефективність останньої технології. У роботі проведено синтез конструкторського коду на основі технологічного класифікатору та типового ТП, що дозволило вибрати типовий ТП отримання валу. На його основі виконано розробку маршруту обробки деталі. Для ефективної реалізації ТП проведено розрахунок міжопераційних розмірів і припусків на обробку, розрахунок міжопераційних лінійних розмірів на оброблення торцевих поверхонь, розрахунок режимів різання розрахунково-аналітичним методом, нормування технологічних операцій розрахунково-аналітичним методом та уточнення типу виробництва. Розрахунками підтверджено середньосерійний тип виробництва.

Також виконано проектування технологічного спорядження для фрезерного верстату ГФ2171Ф3, яке включало розроблення сема базування заготовки та розрахунок режимів різання, розрахунок похибки базування та сили затиску. Виконано вибір спеціального пристосування для контролю допуску циліндричності та круглості валу ЖВМ22.122.07. Розроблено програму для оброблення заготовки на верстаті з ЧПК на операції 035.

У підсумку систематизовано основні заходи, які забезпечують обезпилення повітря в механообробному цеху, а також виконано огляд потенційних небезпек від устаткування із систематизацією заходів щодо зниження та мінімізації їх шкідливого впливу.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Боженко Л. І. Технологія виробництва заготовок у машинобудуванні. Київ: НМК ВО, 1990. 264 с.
2. Боженко Л. І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок. Львів: Світ, 1996. 368 с.
3. Григурко І. О., Брендуля М. Ф., Доценко С. М. Технологія машинобудування. Дипломне проектування : навч. посіб. Львів : Новий світ, 2011. 768 с.
4. Дичковський М. Г. Технологічна оснастка. Проектно-конструкторські розрахунки пристосувань: навч. посіб. Тернопіль: ТДТУ, 2001. 277 с.
5. Жидецький В.Ц. Практикум із охорони праці : навчальний посібник. Львів: Афіша, 2000. 349 с.
6. Жидецький В.Ц., Джигирей В. Ц., Мельников О. В. Основи охорони праці : навчальний посібник. Львів: Афіша, 2000. 350 с.
7. Запорожець О. І. Основи охорони праці: Підручник / О. І. Запорожець, О. С. Протоєрейський, Г. М. Франчук, І. М. Боровик. Київ : Центр учбової літератури, 2009. 264 с
8. Кухарський, О. М., Кузьмін М. І. Визначення припусків табличним методом. Тернопіль : Видавництво ТДТУ, 2004. 135 с.
9. Методичні вказівки для практичного заняття №1 на тему: Методи визначення ефективності інженерних рішень з дисципліни “Ефективність інженерних рішень” / Укладачі: Василь Васильків, Лариса Данильченко, Дмитро Радик, Ігор Ярема. — Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2023. — 25 с.
10. Методичні вказівки для практичного заняття №2 на тему: Оцінка ефективності та обґрунтування методу отримання заготовок з дисципліни “Ефективність інженерних рішень” / Укладачі: Василь Васильків, Лариса Данильченко, Дмитро Радик, Ліліана Джиджора. — Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2023. — 29 с.

11. Павлище В.Т. Основи конструювання та розрахунків деталей машин: Підручник. – К.: Вища шк., 1993. – 556 с.
12. Паливода Ю. Є., Кухарський О. М. Визначення припусків розрахунково-аналітичним методом, Тернопіль, 2003. 81 с.
13. Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. Інструментальні матеріали, режими різання і технічне нормування механічної обробки: навчальний посібник. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. 240 с.
14. Пилюпец М. І. Правила заповнення основних форм технологічних документів : навч.-метод. посіб. / Уклад. Пилюпец М. І., Ткаченко І. Г., Левкович М. Г., Васильків В. В., Радик Д. Л. Тернопіль: ТДТУ, 2009. 108 с.
<https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/42995>
15. Розмірні ланцюги: навчально-методичний посібник / Укладачі : Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Капаціла Ю.Б, Ткаченко І.Г. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2018. 132 с.
16. Рудь В.Д. Курсове проектування з технології машинобудування: Навч. посібник – К.:ІСДО, 1996 – 300 с.
17. Терміни та визначення в технічній творчості та наукових дослідженнях. Методичний посібник / Уклад. Пилюпец М.І, Васильків В.В., Радик Д.Л. – Тернопіль: Вид.-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2011. – 256 с.
18. Creating a 3D model. Study guides for lab classes № 4 in the “CAM and CAE Systems of Machine Building Production” course. Editors: Vasylykiv V., Danylchenko L., Radyk D. – Ternopil: Ternopil National Ivan Puluj Technical University, 2021. – 40 p.
19. Creating a parametric drawing in the automatic parameterization mode. Study guides for lab classes № 3 in the “CAM and CAE Systems of Machine Building Production” course. Editors: Vasylykiv V., Danylchenko L., Radyk D. – Ternopil: Ternopil National Ivan Puluj Technical University, 2021. – 28 p.
20. Creating Parametric Drawing. Study guides for lab classes № 2 in the “CAM and CAE Systems of Machine Building Production” course. Editors: Vasylykiv V., Danylchenko L., Radyk D. – Ternopil: Ternopil National Ivan Puluj Technical University, 2021. – 38 p.

21. Sketching by Non-parametric Drawing. Study guides for lab classes № 1 in the “CAM and CAE Systems of Machine Building Production“ course. Editors: Vasylykiv V., Danylchenko L., Radyk D. – Ternopil: Ternopil National Ivan Puluj Technical University, 2021. – 28 p.

22. Vasylykiv V., Danylchenko L., Radyk D. Technological methods of workpieces manufacturing. Metal Casting: Manual / V. Vasylykiv, L. Danylchenko, D. Radyk. Edited by L. Dzhydzhora. – Ternopil: Osadtsa U.V., 2021. – 203 p.

23. Vasylykiv V., Pylypets M., Danylchenko L., Radyk D. (2021) Use of computer-integrated technologies in training of engineering specialists. In: Ternopil National Ivan Puluj Technical University, Proceedings of the International Conference Advanced Applied Energy and Information Technologies, Ternopil, December 15-17, 2021, pp. 74-80.

24. Vasylykiv V.V. Technologies of workpieces manufacturing by casting: manual / V.V. Vasylykiv, L.M. Danylchenko, D.L. Radyk. – Ternopil : Published TNTU named after Ivan Puluj, 2023. – 492 p.