

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії транспорту та архітектури

Кафедра технології машинобудування

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

Технологія виготовлення деталі «Вісь 423.02-01» з використанням верстатів з

ЧПК  
Назва теми

Рівень вищої освіти перший (бакалавр)

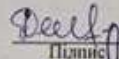
Галузь знань 13 механічна інженерія  
Шифр і назва галузі знань

Спеціальність 131 прикладна механіка  
Шифр і назва спеціальності  
Назва

Освітня програма «технології машинобудування»  
Назва

Шифр КРБ.ПМ.ФІТА.24.13.ПЗ

Виконав студент 4 курсу група ПМГс-21-2  
Шифр

  
Підпис

Дмитро СИНІЦЬКИЙ  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник докт. техн. наук, професор  
Науковий ступінь, звання

  
Підпис

Анатолій ГОРДЕСОВ  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер канд. техн. наук, доцент

  
Підпис

Сергій БИСЬ  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:

Завідувач кафедри технології машинобудування  
Назва

  
Підпис

Віталій ТКАЧУК  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Дата «10» 06 2024


Хмельницький 2024

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії транспорту та архітектури  
Кафедра технології машинобудування  
Рівень вищої освіти перший (бакалавр)  
Галузь знань 13 механічна інженерія Шифр і назва  
Спеціальність 131 прикладна механіка Шифр і назва  
Освітня програма «технології машинобудування»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТМ

 Віталій ТКАЧУК

1.03.2024

**ЗАВДАННЯ  
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ**

Синіцькому Дмитру Анатолійовичу  
Прізвище, ім'я, по батькові студента

1 Тема кваліфікаційної роботи Технологія виготовлення деталі «Вісь 423.02-01» з використанням верстатів з ЧПК

керівник роботи Гордєєв Анатолій Іванович, д.т.н., професор  
Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, учене звання

Затверджено наказом ректора університету від 15 лютого 2024 р. №8

2 Строк подання студентом роботи на кафедру 10 червня 2024

3 Вихідні дані до проєкту (роботи) кресленик деталі «Вісь 423.02-01» та технічні вимоги до її виготовлення, обсяг випуску 3 тис.

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

Вступ

1. Загальний розділ
2. Технологічний розділ
3. Конструкторський розділ
4. Охорона праці

5 Перелік графічного матеріалу: кресленик деталі (1 лист А2); кресленик заготовки (1 лист А2); графотехнологія (1 лист А1); кресленик карти наладки (1 лист А2); кресленик верстатного пристрою (1 лист А1); кресленик контрольного пристрою (1 лист А1)

6 Консультанти розділів кваліфікаційної роботи


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

7 Дата видачі завдання 6.03.2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів (розділів) кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1 Загальний розділ	20.03.2024	
2 Технологічний розділ	20.04.2024	
3 Конструкторський розділ	20.05.2024	
4 Охорона праці	10.06.2024	

Студент

  
Підпис

Дмитро СИНЦЬКИЙ  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник проекту (роботи)

  
Підпис

Анатолій ГОРДЕЄВ  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

РІШЕННЯ ЕКСПЕРНОЇ КОМІСІЇ ПО КАФЕДРИ ТЕХНОЛОГІЇ  
МАШИНОБУДУВАННЯ

ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Технологія виготовлення деталі «Вісь 423.02-01» з використанням верстатів з ЧПК

Автор: Синіцький Дмитро Анатолійович

Спеціальність: 131 Прикладна механіка

Освітня програма: Прикладна механіка

Науковий керівник: Гордєєв А.І.

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Текст вважається оригінальним та не потребує додаткових дій щодо запобігання неправомірним запозиченням. Є співпадання із титульним листом, завданням, змістом, списком використаних джерел. Також є співпадання із технічними термінами при застосуванні стандартних методик розрахунків, що не є плагіатом. Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділі охорони праці, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту.	Рівень унікальності тексту високий

Підтвердження:

завідувач кафедри



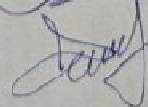
Віталій ТКАЧУК

гарант освітньої програми



Володимир МИЛЬКО

керівник кваліфікаційної роботи



Анатолій ГОРДЄЄВ

Дата

Підписи

Завідувачу кафедри  
Технології машинобудування  
Ткачуку В.П.  
здобувача вищої освіти  
студента Синіцького Д. А.  
факультету інженерії, транспорту та  
архітектури, гр. ПМТс-21-2

### ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про дотримання академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті» від 26.09.2020 (зі змінами від 26.11.2020), згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений. Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на плагіат оповіщений та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Unicheck та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

20.06.24

дата

Deuf

підпис

## РЕЦЕНЗІЯ

на дипломну бакалаврську роботу Синіцького Д. А. «Технологія виготовлення деталі «Вісь 423.02-01» з використанням верстатів з ЧПК»

Тема дипломної роботи Синіцького Д. А. є інженерно обґрунтованою і актуальною для сучасного виробництва. Робота скерована на розроблення технології виготовлення деталі Вісь із застосуванням верстатів з ЧПК, а саме верстатів: 16К20Ф3, 2Р135Ф, 6Р13Ф3.

Автором в роботі вирішені наступні задачі: запропоновано новий технологічний процес виготовлення деталі Вісь, спроектовано фрезерний верстатний пристрій, та для забезпечення операції контролю спроектовано контрольно-вимірювальний пристрій.

Графічна частина виконана на доброму рівні. Креслення та пояснювальна записка відповідають вимогам ДСТУ.

У розділі охорони праці приведено дані по електротравматизму та дії електричного струму на організм людини.

Виходячи з результатів, які містяться в дипломній бакалаврській роботі та виконанні її на високому технічному рівні, робота рекомендується до захисту та заслуговує оцінки добре, а здобувач Синіцький Д. А. заслуговує присудження ступеня бакалавра за спеціальністю 131 - Прикладна механіка.

Професор кафедри «Трибології  
автомобілів та матеріалознавства»

Хмельницького національного

університету д.т.н., проф.

Підпис Дихи О.В.  
Засвідчую  
Начальник відділу кадрів ХНУ



Диха О.В.

# ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

## ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ

Направляється студент Синіцький Дмитро Анатолійович на захист дипломного проєкту (роботи)

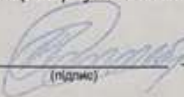
(прізвище, ім'я, по батькові)

за спеціальністю 131 - Прикладна механіка

На тему: Технологія виготовлення деталі "Вісь 423.02.003" з використанням верстатів з ЧПК

Дипломний проєкт (робота), рецензія і довідка про перевірку на плагіат додаються.

Декан факультету

 ВІКТОР ОЛЕКСАНДРЕНКО  
(підпис) (ім'я, прізвище)

### ДОВІДКА УСПІШНОСТІ

Синіцький Д. А. за період навчання на факультеті інженерії, транспорту та архітектури з 2021 по 2024 роки повністю виконав навчальний план спеціальності з таким розподілом оцінок за:

національною шкалою: відмінно 0,00 %, добре 20,51 %, задовільно 79,49 %.

шкалою ЄКТС: А 0,00 %, В 0,00 %, С 17,86 %, Д 23,21 %, Е 58,93 %.

Методист факультету

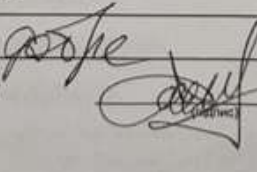
 (підпис) (ім'я, прізвище)

### ВИСНОВОК КЕРІВНИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ (РОБОТИ) ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОЦІНКИ

Студент Синіцький Д. А. примієн до виконання  
диплому своєчасно та виконав успішно.  
За прієм роботи показав добре  
інженерні знання та вмієння вирішувати  
технічні задачі.  
В даний проєкт оцінюється високо

Оцінка дипломного проєкту (роботи)

Керівник дипломного проєкту

 Роман К.У.  
(підпис) (ім'я, прізвище)

2024 р.

### ВИСНОВОК КАФЕДРИ ПРО ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ)

Дипломний проєкт (роботу) розглянуто. Студент Синіцький Д. А. допускається до захисту цього проєкту (роботи) в екзаменаційній комісії.

Завідувач кафедри

(підпис)

2024 р.

(підпис, ім'я, прізвище)

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кількість	Примітка
1			Документація загальна		
2					
3					
4	A4	КРБ.ПМ.ФІТА.24.00.00 ПЗ	Розрахунково-пояснювальна записка	67	
5	A2	КРБ.ПМ.ФІТА.24.01.00.02	Креслення заготовки	1	
6	A2	КРБ.ПМ.ФІТА.24.01.00.01	Креслення деталі	1	
7	A1	КРБ.ПМ.ФІТА.24.02.00.01	Карта наладки	1	
8	A1	КРБ.ПМ.ФІТА.24.02.00.02	Графотехнологія	1	
9	A1	КРБ.ПМ.ФІТА.24.03.00.01СК	Пристрій для свердлування	1	
10	A2	КРБ.ПМ.ФІТА.24.03.00.02СК	Пристрій для контролю	1	
11	A4		Завдання на ДП	1	
12	A4		Реферат	1	

					КРБ.ПМ.ФІТА.24.00.00ПЗ		
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив.		Синіцький			Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірив		Гордєєв				3	
Н. Контр.		Бись			ХНУ-ПМТс-21-2		
Затвердив		Ткачук					
Відомість роботи							

## Реферат

Тема проекту: Технологія виготовлення деталі «Вісь 423.02-01» з використанням верстатів з ЧПК

Автор: Д.А. Синіцький. Керівник проекту : А.І. Гордєєв.

Об'єм пояснювальної записки. 67. стор. Графічна частина. 4,5 листів А1.

В загальному розділі визначено стан питання та задачі дипломного проектування виконано аналіз технологічності деталі, вибрано тип виробництва.

В технологічному розділі виконано розрахунки собівартості заготовки, визначено припуски, режими різання, норми часу.

В конструкторському розділі виконано розрахунки фрезерного пристрою для обробки отворів, контрольно-вимірювального пристрою.

В розділі охорони праці приведено дані по електротравматизму та дії електричного струму на організм людини.

В додатках приведено технологічний процес виготовлення деталі «Вісь», специфікації, керуюча програма на верстат з ЧПК.

Автор проекту: Д. А. Синіцький.

2024 р.

/Підпис/

Дата

## ЗМІСТ

	Вступ.....	8
1	<b>Загальний розділ</b> .....	9
1.1	Стан питання та визначення задач дипломного проектування.....	9
1.2	Аналіз об'єкту виробництва. Призначення та конструкція деталі.....	10
1.3	Шляхи вдосконалення технологічного процесу оброблення деталі корпус.....	11
1.4	Аналіз технологічності конструкції деталі.....	11
1.5	Визначення типу і організаційної форми виробництва...	12
2	<b>Технологічний розділ</b> .....	17
2.1	Вибір заготовки і обґрунтування методу її отримання....	17
2.2	Вибір технологічних баз.....	20
2.3	Встановлення планів обробки поверхонь деталі.....	21
2.4	Вибір варіанта технологічного маршруту та його техніко-економічне обґрунтування.....	22
2.5	Розрахунок припусків.....	28
2.5.1	Аналітичний розрахунок припуску на поверхню Ø40k6.	28
2.6	Призначення режимів різання.....	34
2.6.1	Аналітичним методом .....	34

					<b>КРБ.ПМ.ФІМ.24.00.00ПЗ</b>			
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	Технологія виготовлення деталі «Вісь 423.02-01» з використанням верстатів з ЧПК (Пояснювальна записка)	Літера	Аркуш	Аркушів
Розробив.	Синіцький							
Перевірив	Гордеев							
Н. Контр.	Бись					<b>ХНУ-ПМТс-21-2</b>		
Затвердив	Ткачук							

2.6.2	Вибір режимів різання на інші операції (переходи) по таблицям нормативів .....	37
2.7	Технічне нормування операцій технологічного процесу.....	40
2.8	Оформлення технологічної документації.....	43
3	<b>Конструкторський розділ</b> .....	44
3.1	Проектування верстатного пристрою для свердлування отворів.....	44
3.1.1	Вибір схеми базування та закріплення деталі.....	44
3.1.2	Вибір установочних елементів пристрою.....	45
3.1.3	Розрахунок точності обробки.....	46
3.1.4	Розрахунок сили закріплення деталі.....	47
3.1.5	Розрахунок силового приводу пристрою.....	49
3.1.6	Розрахунок деталей пристрою на міцність.....	50
3.1.7	Опис роботи пристрою.....	51
3.2	Проектування контрольного пристрою.....	53
3.2.1	Технічні умови та вимоги кресленика, що підлягають контролю.....	53
3.2.2	Розрахунок параметрів пристрою	53
3.2.3	Принцип роботи пристрою.....	55
4	<b>Охорона праці</b> .....	56
5	Висновки.....	64
6	Список використаних джерел.....	65
	Додатки.....	

## ВСТУП

«Ефективність виробництва, його технічний прогрес, якість виготовлення продукції залежить від випереджувального розвитку виробництва нового обладнання, машин, верстатів та апаратів, від всебічного впровадження методів техніко-економічного аналізу.

Одним із чинників які впливають на розвиток країни в цілому, а особливо в теперішній критичний час для України, є машинобудування. Рівень розвитку машинобудування в цілому визначає рівень розвитку будь-якої країни.

Великий вплив на розвиток машинобудування в країні, дає рівень освіти технологів-машинобудівників та рівень освіти в машинобудівних Вузах. Перед технологами-машинобудівниками стоять задачі подальшого підвищення якості машин, зниження трудомісткості, собівартості і матеріалоемності їх виготовлення, впровадження поточних методів роботи, механізацію та автоматизацію виробництва, а також скорочення термінів підготовки виробництва нових об'єктів.

Найбільш раціональним шляхом підвищення рівня виробництва – оптимізація методів вибору заготовок при порівнянні декількох варіантів, використання обладнання з ЧПК, що дає можливість значно зменшити витрати та кількість обладнання, залучити до процесу виробництва меншу кількість робочого персоналу тощо.

Ці методи, дають можливість зменшити вартість, час виготовлення та підвищити якість виробу, що відповідно підіймає рейтинг підприємства не тільки на вітчизняному ринку, але й на міжнародному» [1].

## **1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ**

### **1.1 Стан питання та визначення задач дипломного проектування**

«Дипломна бакалаврська робота відповідно до загальноосвітньої програми підготовки бакалаврів за Галуззю знань – 13 Механічна інженерія, Спеціальністю – 131 Прикладна механіка являє собою самостійну та логічно завершену роботу на здобуття ступеня бакалавра, галузі технології машинобудування. Для якісного виконання випускної кваліфікаційної роботи претендент ступеня бакалавра в процесі навчання за програмою має освоїти такі компетенції, які закріплюються під час виконання ним випускної кваліфікаційної роботи:

- здатність до саморозвитку, підвищення своєї кваліфікації та майстерності;

- здатність освоювати на практиці та вдосконалювати технології, системи та засоби машинобудівних виробництв;

- здатність брати участь у розробці та впровадженні оптимальних технологій виготовлення машинобудівних виробів;

- здатністю виконувати заходи щодо ефективного використання матеріалів, обладнання, інструментів, технологічного оснащення, засобів автоматизації, алгоритмів та програм вибору та розрахунків параметрів технологічних процесів;

- здатністю вибирати матеріали та обладнання, та інші засоби технологічного оснащення та автоматизації для реалізації виробничих та технологічних процесів;

- здатністю виконувати роботу з визначення відповідності продукції, що випускається вимогам регламентуючої документації;

- здатністю виконувати роботи з доведення та освоєння технологічних процесів, засобів та систем технологічного оснащення, автоматизації машинобудівних виробництв, управління, контролю, діагностики в ході підготовки виробництва нової продукції, оцінки їх інноваційного потенціалу;
- здатність розробляти плани, програми та методики, інші документи, що входять до складу конструкторської, технологічної та експлуатаційної документації.

Основні завдання при виконанні дипломної роботи бакалавра:

- запропонувати вдосконалений технологічний процес оброблення деталі із застосуванням сучасного обладнання – верстатів з ЧПК;
- провести раціональний вибір методу отримання заготовки;
- провести розрахунки та вибір припусків;
- розрахувати та вибрати різальний інструмент і режими різання;
- провести нормування технологічних операцій механічної обробки;
- спроектувати та провести розрахунки верстатного та контрольного пристрою;
- виконати необхідні графічні матеріали та оформити технологічну документацію;
- навести з точки зору охорони праці необхідні вимоги до безпечної роботи при виконанні технологічного процесу, протипожежної безпеки, безпечним умовам роботи підприємств машинобудівного комплексу» [11].

## **1.2 Аналіз об'єкту виробництва. Призначення та конструкція деталі**

Об'єкт виробництва деталь «Вісь 423.02-01». Вага деталі 1,9 кг. Ця деталь входить у склад механізму запирання таермопластавтомату, який використовується для виготовлення виробів із пластмас. А механізм запирання

у склад якого входить дана деталь служить для замикання та розмикання прес форми. Деталь вісь встановлюється між нерухомими плитами, фіксується по 2-х пазах та закріплюється за допомогою отворів  $\varnothing$  М8, виконаних на торцях.

### **1.3 Шляхи вдосконалення технологічного процесу оброблення деталі корпус**

Для обробки деталі «Вісь 423.02-01» запропоновано використовувати метод концентрації операцій, тобто виконання максимально-можливої кількості переходів за один установ заготовки.

В удосконаленому технологічному процесі запропоновано використовувати верстати з ЧПК: на токарних операціях 16К20Ф3; на операції свердлування 2Р135Ф2; на операції фрезерування 6Р13Ф3.

### **1.4 Аналіз технологічності конструкції деталі**

Розміри на кресленні деталі проставлені так, що дозволяють використовувати суміщення баз. Це призводить до більшої точності виготовлення деталі за рахунок виключення похибок установки та базування.

Значення допустимих та граничних відхилень розмірів та шорсткості проставлені тільки на робочі поверхні, а на невідповідальні поверхні проставлені невисокі умови. Слід пам'ятати, що занадто високі умови до точності розмірів та шорсткості поверхонь призводять до збільшення трудомісткості та до підвищення собівартості виготовлення деталі.

Деталь виготовляється з матеріалу сталь 40Х. ДСТУ 7809:2015 Сталь 40Х це легована конструкційна сталь. В її вміст входить – вуглець 0,4% та хром до 1%.

Таблиця 1.2 - Мех. властивості і умови терм. обробки сталі 40Х ДСТУ 7809:2015

Марка	Термічна обробка					Механ. властивості			
	Гартування		Умови охолодження.	Відпуск		$\sigma_T$	$\sigma_B$	$\delta_5$	$a_n$
	Температура, С°			Т-ра, С°	Охолодження.				
	1 гарт.	2 гарт.	МПа			%	кДж/м		
40Х	850	—	масло	500	вода	786	980	10	587

Проаналізувавши кресленик деталі «Вісь 423.02-01», розглянувши умови її роботи, можна зробити наступні висновки.

Деталь виготовляється з матеріалу Сталь 40Х ДСТУ 7809:2015. Проходить термічну обробку, що важливо у відношенні до короблення, можливого при нагріванні та охолодженні деталі. Матеріал деталі Сталь 40Х є не дуже дорогим, але дорожчим у порівнянні з конструкційними сталями, але він є досить поширеним і не дефіцитним, а також досить добре піддається обробці.

Даний матеріал доцільно використовувати у даному випадку тому що до деталі ставляться вимоги по високій поверхневій міцності та підвищеній зносостійкості. При умовах підвищеної міцності серцевини виробу матеріал повинен пройти покращення перед гартуванням.

З точки зору аналізу по геометричній формі, деталь є простою і немає важкооброблюваних поверхонь.

### 1.5 Визначення типу та організаційної форми виробництва

«Тип виробництва характеризується коефіцієнтом закріплення операції:  $K_{30}=1$  масове,  $1 < K_{30} < 10$  - багато серійне,  $10 < K_{30} < 20$  - середньо серійне,

$20 < K_{30} < 40$  - дрібносерійне. В одиничному виробництві  $K_{30}$  не регламентується» [5].

«Коефіцієнт закріплення операції для усіх різновидів серійного виробництва визначається за формулою:

$$K_{30} = \frac{\sum n_{oi}}{(\sum P_i)} , \quad (1.1)$$

де  $\sum n_{oi}$  - сумарне кількість різних операцій за місяць по дільниці з розрахунку на одного змінного майстра.

$\sum P_i$  - явочна кількість робітників дільниці виконуючих різноманітні операції при роботі в одну зміну.

У даному розрахунку рекомендується визначати умовну кількість операцій виконаних на одному верстаті на протязі одного місяця при роботі водну зміну за формулою:

$$n_{oi} = \frac{\eta_m}{\eta_3} , \quad (1.2)$$

де  $\eta_3$  - коефіцієнт завантаження верстата операцією, яка проектується

$\eta$  - планує мий нормативний коефіцієнт завантаження верстата всіма закріпленими за ним однотипними операціями : прийнятий ; для велико серійного – 0,75 ; для середньо серійного – 0,8; та для дрібносерійного виробництва – 0,9.

$$\eta = T_{ш.к} N_M / (60 F_M k_B) \quad (1.3)$$

де  $T_{ш.к}$  - штучно-калькуляційний час на виконання операції, вибраний з існуючого тех. процесу, хв.,

$N_M$  – місячна програма випуску заданої деталі при роботі в одну зміну, шт.

$$N_M = N_p / 24, \quad (1.4)$$

де  $N_p$  - річна програма випуску заданої деталі.

$$N_M = 3000 / 24 = 125 \text{ шт.}$$

$F_M$  – місячний фонд часу роботи обладнання в одну зміну, год.

$$F_M = 4055 / (2 * 12) = 169 \text{ год.}$$

$K_v$  – коефіцієнт виконання норм, приймаємо рівним 1,3.

Підставивши в формулу (1,3) значення  $F_M$  та  $k_v$  отримаємо такий вираз:

$$\eta_3 = \frac{T_{ш.к.} N_M}{13182} \quad (1.5)$$

Після підстановки виразу (1,5) у формулу (1,2) отримаємо залежність для визначення кількості однотипних операцій, взятих з існуючого техпроцесу, які виконуються на одному верстаті протягом місяця» [1].

$$n_{oi} = \frac{13182 \eta_n}{T_{ш.к.} N_M} \quad (1.6)$$

$$n_{o1} = 13182 * 0.8 / 5.1 * 125 = 16.5$$

$$n_{o2} = 13182 * 0.8 / 4.75 * 125 = 17.8$$

$$n_{o3} = 13182 * 0.8 / 10.25 * 125 = 8.23$$

$$n_{o4} = 13182 * 0.8 / 5.4 * 125 = 15.6$$

$$n_{o5} = 13182 * 0.8 / 3.2 * 125 = 26.3$$

$$n_{o6} = 13182 * 0.8 / 3.23 * 125 = 26.1$$

$$n_{o7} = 13182 * 0.8 / 3.9 * 125 = 21.6$$

$$n_{o8} = 13182 * 0.8 / 4.49 * 125 = 18.8$$

$$n_{o9} = 13182 * 0.8 / 7.02 * 125 = 12.1$$

Загальну кількість операцій які виконуються на дільниці протягом одного місяця визначаємо за формулою:

$$\sum n_{oi} = n_{o1} + n_{o2} + \dots + n_{on} \quad (1.7)$$

$$\sum n_{oi} = 16.5 + 17.8 + 8.23 + 15.6 + 26.3 + 26.1 + 21.6 + 18.8 + 12.1 = 163.3$$

«Необхідна кількість робітників для обслуговування на протязі однієї зміни одного верстата завантаженого по плановому нормативному коефіцієнту.

$$P_i = \frac{N_i t_i}{60 k_g \Phi} = \frac{n_{oi} N_m T_{ш.к}}{60 k_g \Phi} \quad (1.8)$$

де  $N_i$  – приведений місячний об'єм випуску деталей, шт., при завантаженні верстата до прийнятого значення  $\eta_n$  :  $N_i = n_{oi} N_m$  ;

$t_i$  - штучно-калькуляційний час на виконання проектуємої операції, хв.

$\Phi$  – місячний фонд часу робочого, зайнятого на протязі 22 робочих днів в місяць, год.  $\Phi = 22 * 8 = 176$  год.

Після підстановки в формулу (1.8) значень  $k_b$ ,  $\Phi$  та  $n_{oi}$  отримаємо залежність для визначення необхідної кількості працівників для обслуговування одного верстата» [1] .

$$P_i = 0.96 \eta_n \quad (1.9)$$

$$P_i = 0.96 * 0.8 = 0.77$$

(Кількість робітників, що обслуговують один верстат приймаємо однаковою тобто 0,77).

Явочну кількість робітників дільниці визначаємо сумуванням значень  $P_i$ :

$$\sum P_i = P_1 + P_2 + \dots + P_n \quad (1.10)$$

$$\sum P_i = 0.77 + 0.77 + 0.77 + 0.77 + 0.77 + 0.77 + 0.77 + 0.77 + 0.77 = 6.93$$

Отже:  $K_{30}=163,3/6,93=23,56$ .

По розрахованому коефіцієнту закріплення операції приймаємо тип виробництва – середньо серійне.

«В серійному виробництві застосовують також змінно – потокову форму організації робіт. Тут обладнання розташовують по ходу технологічного процесу. Обробку виконують партіями, причому заготовки кожної партії можуть відрізнятись розмірами і конфігурацією, але допускають обробку на одному і тому ж обладнанні.

При серійному виробництві застосовують універсальні, спеціалізовані, агрегатні та інші металообробні верстати. При виборі технологічного обладнання, спеціального чи спеціалізованого пристрою та інструмента необхідно виконувати розрахунки затрат і строків окупності, а також економічний ефект від використання обладнання і технологічної оснастки» [1].

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 2.1 Вибір заготовки і обґрунтування методу її отримання

«Проаналізував конструктивні властивості деталі можна зробити висновок, що заготовку можна виготовляти з гарячекатаного прокату нормальної точності та штампуванням.

На вибір метода отримання заготовки впливають такі фактори: матеріал деталі, її призначення та технічні умови на виготовлення, об'єм та серійність виготовлення, форма поверхонь та розміри деталі.

Оптимальний метод отримання заготовки визначається на основі аналізу усіх вищезазначених факторів та техніко-економічного розрахунку технологічної собівартості деталі.

Метод отримання заготовки, що забезпечує технологічність виготовлення з неї деталі при мінімальній собівартості останньої рахується оптимальним.

Для визначення оптимального методу отримання заготовки виконуємо розрахунок технологічної собівартості виготовлення заготовок, вартість заготовок та економічний ефект» [3,4].

Зробимо порівняльний розрахунок двох методів отримання заготовки.

Перший варіант

Заготовка: прокат сортовий круглий гарячекатаний нормальної точності 45 x 304. Матеріал Сталь 40 X.

«Вартість заготовок з прокату визначається за формулою:

$$S_{заг} = M + \sum C_{оз} \quad (2.1)$$

де  $M$  – затрати на матеріал заготовки,

$\sum C_{з.о}$  - технологічна собівартість заготівельних операцій.

$$C_{o.з} = \frac{C_{п.з} \cdot T_{шт}}{60 \cdot 100} \quad (2.2)$$

де  $C_{п.з}$  – приведені затрати на заготівельні операції,

$T_{шт.}$  – штучний час на виконання заготівельної операції.

$$C_{oз1} = \frac{121 \cdot 2.0}{60 \cdot 100} = 0,04 \quad (2.3)$$

$$C_{oз2} = \frac{225 \cdot 3.1}{60 \cdot 100} = 0,12 \quad (2.4)$$

$$\sum C_{зо} = C_{зо1} + C_{зо2} + \dots + C_{зон} \quad (2.5)$$

$$\sum C_{зо} = 0.04 + 0.12 = 0.16$$

Затрати на матеріал визначаються по масі прокату який необхідний для виготовлення деталі, та масі здаваної стружки.

$$M = QS - (Q - q) \left( \frac{S_{отх}}{1000} \right), \quad (2.6)$$

де  $Q = 2,5$  – маса заготовки, кг

$S = 2,5$  – вартість 1 кг матеріалу заготовки, грн.,

$q = 1,9$  – маса готової деталі, кг,

$S_{отх}$  – вартість 1 кг відходів» [3,4].

$$M = 2,5 \cdot 2,5 - (2,5 - 1,9) \left( \frac{150}{1000} \right) = 6,16 \text{ грн.} \quad (2.7)$$

$$S_{заг} = 6,16 + 0,16 = 6,32 \text{ грн.}$$

Другий варіант

«Вартість заготовки яку отримують штампуванням на ГKM визначається за формулою

$$S_{заг} = \left( \frac{S_{баз}}{1000} Q \cdot K_T \cdot K_\delta \cdot K_\sigma \cdot K_M \cdot K_n \right) - (Q - q) \frac{S_{від}}{1000}, \quad (2.8)$$

де  $S_{\text{баз}}$  - базова вартість 1т заготовок,  $S_{\text{баз}} = 4200$  грн, [3];

$K_T, K_\delta, K_\sigma, K_n$  - коефіцієнти, що враховують відповідно точність, групу складності, марку матеріалу, обсяг виробництва заготовок. За даними [3]

$$K_T = 1,0; K_\delta = 1,0; K_\sigma = 1,0; K_M = 1,0; K_n = 1,0;$$

$$Q - \text{маса заготовки, } Q = 2,1 \text{ кг};$$

$$q - \text{маса деталі, } q = 1,9 \text{ кг};$$

$$S_{\text{від}} - \text{ціна 1т відходів, } S_{\text{від}} = 150 \text{ грн.} \gg [3].$$

$$S_{\text{заг}} = \left( \frac{4200}{1000} \cdot 2,1 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \right) - (2,1 - 1,9) \frac{150}{1000} = 8,74 \text{ грн.} \quad (2.9)$$

Вартість заготовки отриманої на ГKM

$\sum C_{3.o}$  - технологічна собівартість заготівельних операцій.

$$C_{o.3} = \frac{C_{п.з} T_{шт}}{60 \cdot 100} \quad [3] \quad (2.10)$$

де  $C_{п.з}$  – приведені затрати на заготівельні операції,

$T_{шт.}$  – штучний час на виконання заготівельної операції.

$$C_{o.32} = \frac{225 \cdot 3.1}{60 \cdot 100} = 0,12 \quad (2.11)$$

$$\sum C_{3o} = C_{3o1} + C_{3o2} + \dots + C_{3on} \quad (2.12)$$

$$\sum C_{3o} = 8,74 + 0,12 = 8,86 \text{ грн}$$

$$E_e = (S_{\text{заг1}} - S_{\text{заг2}})N, \quad (2.13)$$

Перший варіант є вигіднішим з економічної точки зору, отже розраховуємо економічний ефект для співставлення способів отримання заготовок.

$$E_e = (S_{\text{заг1}} - S_{\text{заг2}})N, \quad (2.14)$$

де  $S_{\text{заг 1}}$ ,  $S_{\text{заг 2}}$ , - вартість заготовок, які порівнюються.  
 $N = 3000$  шт. – річна програма випуску.

$$E_e = (8.86 - 6.32) \cdot 3000 = 7620 \text{ грн.}$$

За результатами техніко-економічного розрахунку технологічної собівартості, ми отримали оптимальний метод отримання заготовки, прокат сортовий круглий гарячекатаний нормальної точності 45x218. Матеріал Сталь 40Х. Оскільки у якості заготовки використовується прокат гарячекатаний круглий високої точності ДСТУ 7809:2015 тоді припуск назначаємо на торці деталі для виконання фрезерно-центрувальної операції у розмірі 2 мм на сторону [1].

Тоді довжина заготовки 218<sub>-1</sub> мм. Допуски на циліндричну поверхню для прокату високої точності 45 по ДСТУ 7809:2015 лежать у межах  $\begin{matrix} +0.02 \\ -0.1 \end{matrix}$  [1].

## 2.2 Вибір технологічних баз

«Визначення технологічних баз – відповідальний етап проектування технологічного процесу механічної обробки, тісно пов'язаний з побудовою самого процесу обробки заготовки.

При визначенні базових поверхонь необхідно, щоб останні забезпечували добру стійкість і надійність встановлення заготовок, тобто були достатньо розвинуті» [8].

Проаналізувавши конструктивні властивості заготовки можна назначити такі бази:

- на першій операції за чорнову базу приймаємо циліндричну поверхню  $\varnothing 45$  для підготовки чистових баз.

- На подальших операціях за основну чистову базу слід прийняти центрові отвори та циліндричну поверхню  $\varnothing 45$ .
- за допоміжну базу приймемо підготовлений торець деталі.

Також при необхідності, для орієнтації заготовки в пристрої можна використовувати, як допоміжну базу пази які виконуються на фрезерній операції.

### **2.3 Встановлення планів обробки окремих поверхонь**

«Маршрут обробки окремих поверхонь встановлюють виходячи з вимог робочого креслення і властивостей заготовки.

Послідовність методів обробки поверхні на першому переході вибирають в залежності від способу отримання заготовки та її точності.

Встановлюють методи кінцевої обробки поверхні в залежності від технічних вимог, які ставляться до цієї поверхні.

Назначають методи обробки поверхні на проміжних переходах на основі вже вибраного першого і останнього методів обробки.

Слід пам'ятати, що кожному методу кінцевої обробки, передують декілька попередніх методів. На чорнових операціях точність поверхні підвищується на 2-3 квалітети, на чистових на 1-2. враховуючи всі ці рекомендації можна визначити маршрут механічної обробки на кожену поверхню» [8].

Деталь вісь відноситься класу довгих циліндричних стрижнів та має в основному циліндричні поверхні, які оброблюються точінням та шліфуванням. Інші поверхні такі як шпонкові пази обробляються фрезеруванням. Отвір обробляється свердлуванням.

## **2.4 Вибір варіанту технологічного маршруту обробки та його техніко-економічне обґрунтування**

«Ціль розробки – подати загальний план обробки заготовки, намітити зміст операції технологічного процесу, підібрати тип обладнання.

При проектуванні технологічної операції вирішуємо комплекс таких питань: уточнюємо зміст операції, вибираємо засоби технологічного оснащення, визначаємо настроєні розміри, розроблюємо операційні ескізи та схеми наладок.

При уточненні змісту операції кінцеве встановлюємо, які поверхні деталі будуть оброблюватись на даному етапі. При розробці послідовності та змісту переходів необхідно прагнути скоротити час обробки за рахунок раціонального вибору засобів технологічного оснащення, кількості переходів, суміщення основного та допоміжного часу.

Суміщення переходів визначається конструкцією деталі, можливістю розташування різальних інструментів на верстаті та жорсткістю заготовки.

Технологічне обладнання (верстати) вибираємо з врахуванням слідуючих показників: методів обробки; габаритних розмірів заготовки і розмірів обробки; потужності різання; продуктивності обладнання; можливості придбання і вартості верстата; зручності і безпеки роботи верстата.

Різальний інструмент вибираємо з врахуванням: максимального використання нормалізованого та стандартного інструменту; методу обробки; розміру оброблюємої поверхні; точності обробки і якості поверхні; проміжних розмірів і допусків на ці розміри; стійкості інструмента, його ріжучих властивостей та міцності; стадії обробки (чорнова, чистова); типа виробництва.

Пристрої для даного виду технологічних операцій визначаємо на основі: габаритних розмірів виробу; виду заготовки; матеріалу виробу; точності

обробки; якості поверхні; конфігурації виробу; схем базування та закріплення; характеристик обладнання; типу виробництва» [5].

На основі приведених рекомендацій складаємо технологічний процес обробки деталі «Вісь 423.02-01», який наведено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1. Маршрут обробки «Вісь 423.02-01».

Найменування і короткий зміст операції	Різальний інструмент	Обладнання
1	2	3
005 Фрезерно центрувальна 1. Фрезерувати торці витримуючи довжину деталі 214.1. 2.Свердлувати центрові отвори.	Фреза торцева із вставними ножами з твердого сплаву Т15К 6 D = 120мм. Свердла центрові Р6 М5 комбіновані, тип А	Фрезерно-центрувальний верстат мод. МР – 71М
010Токарна ЧПК 1.Точити начорно циліндричну поверхню $42,8^{0,2}$ до кулачків, точити 30 2. Точити фаску $1 \times 45^\circ$ , канавку 5,2 мм Перевстановити 1.Точити начор. $42,8^{0,2}$ залишок, 2.точити 30 3. Точити фаску $1 \times 45^\circ$ , канавку 5,2.	Різець прохідний відігнутий Різець фасковий Різець канавковий	16К20Ф3

Продовження таблиці 2.1

1	2	3
<p>015Токарна ЧПК</p> <p>1. Точити начисто циліндричну поверхню <math>41^{0,2}</math> до кулачків.</p> <p>2. Точити фаску <math>2,5 \times 75^0</math></p> <p>3. Нарізати різьбу М30х1,5</p> <p>Перевстановити</p> <p>1. Точити начисто остаток <math>41^{0,2}</math> до кулачків.</p> <p>2. Точити фаску <math>2,5 \times 75^0</math></p> <p>3. Нарізати різьбу М30х1,5</p>	<p>Різець прохідний відігнутий</p> <p>Різець фасковий</p> <p>Різець канавковий</p>	<p>16К20Ф3</p>
<p>020 Фрезерна</p> <p>1. Фрезерувати шпонкові пази витримуючи <math>p - p 3,5_{-0,2}</math> та <math>p - p 27,5_{+0,2}</math></p>	<p>Фреза пальцева 6 мм, з Р6М5</p>	<p>6Р13Ф3</p>
<p>025 Свердлувальна</p> <p>1. Свердлимо отвір <math>\varnothing 7,2</math> мм у торці деталі на глибину 14 мм</p> <p>2. Зняти фаску <math>1 \times 45^0</math></p> <p>3. Нарізати різьбу М8</p> <p>Перевстановити.</p> <p>1.Свердлимо отвір <math>\varnothing 7,2</math> мм у торці деталі на глибину 14 мм</p> <p>2. Зняти фаску <math>1 \times 45^0</math></p> <p>3. Нарізати різьбу М8</p>	<p>Свердло з швидкорізальної сталі Р6М5:Довжина свердла 75 мм. довжина робочої частини 43 мм. Зенківка <math>45^0</math></p> <p>з швидкорізальної сталі Р6М5</p> <p>Зенкер 9,8 мм Р6М5</p> <p>Розгортка 10 мм Р6М5</p>	<p>2Р135Ф2</p>
<p>030 Центрошліфувальна</p> <p>1. Шліфувати центрові отвори.</p>	<p>Шліфувальна головка ТК 60,</p>	<p>3922 Е</p>

Закінчення таблиці 2.1

1	2	3
035 Круглошліфувальна 1. шліфувати циліндричну поверхню:Ø40,2 по всій довжині	Круг шліфувальний ПП. 80x100x32 ЧЦ53С80СМ27Б	3М174
040 Круглошліфувальна 1. шліфувати циліндричну поверхню :40к6 по всій довжині витримуючи умови квалітету к6 $\begin{pmatrix} -0.025 \\ -0.050 \end{pmatrix}$	Круг шліфувальний ПП. 80x100x32 ЧЦ53С80СМ27Б	3М174
045 Токарна 1. За допомогою повстяного круга провести поліровку поверхні :40 до забезпечення шорсткості Ra 0,63 мкм.	Круг, паста.	16К20

Порівняння даних двох техпроцесів буде здійснюватись на основі порівняння двох операцій 010 на якій підрізання торця та центрування буде йти двома різними методами, по першому варіанту на верстаті МР-71М, а по другому - на верстаті 1М63.

*«Перший варіант.*

$$C_{п.в.} = C_3 + C_{ч.з} + E_n(K_c + K_3), \quad (2.15)$$

де  $C_{п.в.}$ - годині приведені втрати, коп./год.

$C_3$ - основна та допоміжна ЗП, коп./год.

$C_{ч.з}$ - годині втрати на експлуатацію робочого місця, коп./год.

$E_n$ - нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладів,  $E_n=0.15$  [5].

$K_c, K_3$ - питомі години капітальних вкладів відповідно в верстат та в будову, коп./год.

$$C_3 = \varepsilon \cdot C_{т.ф.} \cdot \kappa \cdot y, \quad (2.16)$$

де  $\varepsilon$  - коефіцієнт, що враховує додаткову ЗП рівну 9% , що нарахована на соціальне страхування 7.6% та приробіток до основної ЗП в результаті перевиконань норм на 30% ,  $\varepsilon=1.53$  [5].

$C_{т.ф.}$  - година тарифна ставка верстатника відповідного розряду ,

$C_{т.ф.}=54.8$  коп./год.,[2].

$\kappa$  - коефіцієнт, що враховує ЗП наладчика,  $\kappa=1$ , [5].

$y$  - коефіцієнт, що враховує оплату робітника при багатOVERстатному обслуговуванню,  $y = 0.48$ » [5].

$$C_3 = 1.53 \cdot 54.8 \cdot 1 \cdot 0.48 = 40.2 \text{ коп./год.}$$

$$C_{ч.з.} = C_{ч.з.}^{б.п.} \cdot \kappa_m, \quad (2.17)$$

де  $C_{ч.з.}$  – «практичні години затрати на базовому робочому місці, коп./год.,

$$C_{ч.з.}^{б.п.} = 36.3 \text{ коп./год.}$$

$\kappa_m$ - коефіцієнт, що враховує в скільки разів затрати пов'язані з даною роботою верстата більше аналогічним витратам в базового верстата,  $\kappa_m=1.1$ » [5].

$$C_{ч.з.} = 36.3 \cdot 1.1 = 40 \text{ коп./год.}$$

$$K_c = (Ц \cdot 100) / (F_d \cdot \eta_3), \quad (2.18)$$

де  $Ц$ - «балансова вартість верстата,  $Ц=7040$  грн.,[5].

$F_d$ - дійсний річний фонд часу,  $F_d=2030$  год.

$\eta_3$ - коефіцієнт завантаження верстата,  $\eta_3=0.8$ » [5].

$$K_c = (7040 \cdot 100) / (2030 \cdot 0.8) = 433 \text{ коп./год.}$$

$$K_3 = (F \cdot 78.4 \cdot 100) / (F_d \cdot \eta_3),$$

де F- «виробнича площа, що займає верстат з урахуванням проходів, м<sup>2</sup>.

$$F = F_B \cdot K_B,$$

де F<sub>B</sub> - площа, яку займає верстат, м<sup>2</sup>, F<sub>B</sub>=5.1,[5].

K<sub>B</sub> - коефіцієнт, що враховує додаткову виробничу площу проходів, K<sub>B</sub> = 2.5» [5].

$$F = 5.1 \cdot 2.5 = 12.8 \text{ м}^2.$$

$$K_3 = (12.8 \cdot 78.4 \cdot 100) / (2030 \cdot 0.8) = 62 \text{ коп./год.}$$

$$C_{п.в1} = 40.2 + 40 + 0.15 \cdot (433 + 62) = 154.5 \text{ коп./год.}$$

*Другий варіант.*

$$C_{т.ф.} = 60.6 \text{ коп./год.}, [5].$$

$$y = 1, [5].$$

$$C_3 = 1.5 \cdot 0.6 \cdot 1 \cdot 1 = 92.8 \text{ коп./год.}$$

$$C_{ч.з.}^{б.п} = 36.3 \text{ коп./год.}$$

$$K_m = 1.6, [5].$$

$$C_{ч.з.} = 36.3 \cdot 1.6 = 58.1 \text{ коп./год.}$$

$$Ц = 5530 \text{ грн.}, [5].$$

$$K_c = (5530 \cdot 100) / (2030 \cdot 0.8) = 340 \text{ коп./год.}$$

$$F_B = 7.9 \text{ м}^2, [5].$$

$$K_B = 2.5, [5].$$

$$F = 7.9 \cdot 2.5 = 19.75 \text{ м}^2.$$

$$K_3 = (19.75 \cdot 78.4 \cdot 100) / (2030 \cdot 0.8) = 95.3 \text{ коп./год.}$$

$$C_{п.в2} = 92.7 + 58.1 + 0.15 \cdot (340 + 95.3) = 216.2 \text{ коп./год.}$$

Отже враховуючи те, що  $C_{п.в2} = 216.2 > C_{п.в1} = 154.5$  то приймаємо перший варіант технологічного маршруту обробки застосувавши операцію 010 фрезерно-центрувальну та токарну 015 з ЧПК.

## 2.5 Розрахунок припусків

### 2.5.1 Аналітичний розрахунок припуску на поверхню Ø40k6

«Проміжні припуски мають важливе значення в процесі розробки технологічних операцій механічної обробки деталей. Вірне призначення проміжних припусків на обробку заготовки забезпечує економію матеріальних та трудових ресурсів, якість виготовляємої продукції та прискорення подальшого розвитку машинобудівної промисловості.

Величина проміжних припусків визначається за формулою:

$$2Z \min = 2(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{p_{i-1}^2 + Eyi^2}), \quad (2.19)$$

де  $R_{z_{i-1}}$  – висота мікронерівностей поверхонь, які залишилися після виконання попереднього переходу;

$T_{i-1}$  – глибина дефектного поверхневого шару, яка залишилася після виконання попереднього переходу, мкм;

$p_{i-1}$  – геометричне відхилення розташування, яке з'явилося на попередньому технологічному переході, мкм;

$E_{\text{yі}}$  – величина похибки установки заготовки при виконанні технологічного переходу, мкм.

Проведемо аналітичний розрахунок припусків та проміжних розмірів на обробку зовнішньої поверхні деталі розміром  $\text{Ø}40\text{k6}$ .

Технологічні переходи: чорнове точіння, чистове точіння, чорнове шліфування, чистове шліфування.

Вибираємо висоту мікронерівностей для заготовки та записуємо в табл. 2.2, для послідуєчих переходів» [1].

Призначаємо допуски на кожний перехід [6]. Допуск на кінцевий перехід беремо з кінцевого розміру деталі.

$$JT = es - ei = -25 - (-50) = 25 \text{ мкм}, \quad (2.20)$$

де  $es$  – верхнє відхилення,  $es = -25$  мкм;

$ei$  – нижнє відхилення,  $ei = -50$  мкм.

«Величину знайденого допуску записуємо в графу допуску на кінцевий перехід.

Геометричну суму значень відхилень розташування при обробці в центрах для зовнішньої поверхні визначаємо за формулою:

$$p = \sqrt{p_{\text{ко}}^2 + p_{\text{ц}}^2}, \quad (2.21)$$

де  $p_{\text{ко}}$  – загальна кривизна заготовки

$$p_{\text{ко}} = \Delta K \cdot L, \quad (2.22)$$

де  $p_{\text{ко}}$  – загальна кривизна заготовки;

$\Delta K$  – допустима кривизна,  $\Delta K = 1,73$  мкм/мм.» [6].

$L$  – відстань між опорами,  $L = 214$  мм.

$$p_{\text{ко}} = 1,73 * 214 = 372 \text{ мкм}.$$

$p_{\text{ц}}$  – похибка зацентровки

$$p_{\text{ц}} = 0,25 \cdot \sqrt{JT^2 + 1}, \quad (2.23)$$

де  $JT$  – допуск на діаметр базової поверхні заготовки, яку використовуємо при зацентровані,  $JT=1$  мм.

$$p_u = 0,25 \cdot \sqrt{1^2 + 1} = 0,354_{\text{мм}} = 354_{\text{мкм}}$$

Тоді

$$p = \sqrt{372^2 + 354^2} = 532_{\text{мкм}}$$

«Величину остаточної кривизни після виконання переходу обробки визначаємо за формулою:

$$p_{ост} = K_y \cdot p_{заг}, \quad (2.24)$$

де  $K_y$  – коефіцієнт уточнення;

після чорнового точіння  $K_y = 0,06$ ;

після чистового точіння  $K_y = 0,04$ .» [6].

$$p_{ост} = 0,06 \cdot 532 = 32_{\text{мкм}},$$

На шліфувальній операції остаточно кривизна настільки мала, що нею можна знехтувати. Отримані дані записуємо в табл. 2.2.

У зв'язку з тим, що при обробці заготовка базується в центрах і діє принцип суміщення баз, то похибка установки на всіх переходах дорівнює нулю:  $E_{y_i} = 0$ .

Розраховуємо міжперехідні припуски.

Припуск на чорнове точіння

$$2Z_{\min} = 2(125 + 150 + 532) = 2 * 807 \text{ мкм.}$$

Припуск на чистове точіння

$$2Z_{\min} = 2(63 + 60 + 32) = 2 * 155 \text{ мкм.}$$

Припуск на шліфування попереднє

$$2Z_{\min} = 2(30 + 30 + 1) = 2 * 61 \text{ мкм.}$$

Припуск на шліфування кінцеве

$$2Z_{\min} = 2(10 + 20) = 2 * 30 \text{ мкм.}$$

Отриманні данні записуємо в таблицю 1.4, графу “Припуск”.

Розрахункові мінімальні розміри на попередні переходи розраховуємо за формулою

$$D_{\min i-1} = D_{\min} + 2Z_{\min I}, \quad (2.25)$$

$$D_{\min i-1} = 39,95 + 0,060 = 40,01 \text{ мм;}$$

$$D_{\min i-1} = 40,01 + 0,122 = 40,132 \text{ мм;}$$

$$D_{\min i-1} = 40,132 + 0,310 = 40,442 \text{ мм;}$$

$$D_{\min i-1} = 40,442 + 1,614 = 42,056 \text{ мм.}$$

Записуємо розміри по переходам в графу “Граничний розмір *min*”, округлюючи їх до знаку допуску.

В графу “Граничний розмір *max*” записуємо значення розмірів розраховуючи їх за формулою:

$$D_{\max i} = D_{\min i} + JT_i, \quad (2.26)$$

$$D_{\max i} = 42 + 1 = 43 \text{ мм;}$$

$$D_{\max i} = 40,44 + 0,390 = 40,83 \text{ мм;}$$

$$D_{\max i} = 40,13 + 0,160 = 40,29 \text{ мм;}$$

$$D_{\max i} = 40,01 + 0,062 = 40,072 \text{ мм;}$$

$$D_{\max i} = 39,95 + 0,025 = 39,975 \text{ мм.}$$

Мінімальний припуск по переходам визначаємо за формулою:

$$2Z_{\min i} = D_{\min i-1} - D_{\min I}, \quad (2.27)$$

$$2Z_{\min i} = 42 - 40,44 = 1,56 \text{ мм};$$

$$2Z_{\min i} = 40,44 - 40,13 = 0,31 \text{ мм};$$

$$2Z_{\min i} = 40,13 - 40,01 = 0,12 \text{ мм};$$

$$2Z_{\min i} = 40,01 - 39,95 = 0,06 \text{ мм};$$

Визначаємо максимальний припуск за формулою:

$$2Z_{\max i} = D_{\max i-1} - D_{\max i}, \quad (2.28)$$

$$2Z_{\max i} = 42 - 40,83 = 2,17 \text{ мм};$$

$$2Z_{\max i} = 40,83 - 40,29 = 0,54 \text{ мм};$$

$$2Z_{\max i} = 40,29 - 40,072 = 0,218 \text{ мм};$$

$$2Z_{\max i} = 40,072 - 39,975 = 0,097 \text{ мм};$$

Розраховані значення записуємо в графу “Граничні значення припусків”  
 $2Z_{\min i}$  і  $2Z_{\max i}$  - відповідно.

Проводимо перевірку розрахованих припусків. Загальний мінімальний припуск складає

$$2Z_{\min z} = \sum 2Z_{\min i} = 1,56 + 0,31 + 0,12 + 0,06 = 2,05 \text{ мм}.$$

Загальний максимальний припуск

$$2Z_{\max z} = \sum 2Z_{\max i} = 2,17 + 0,54 + 0,218 + 0,097 = 3,025 \text{ мм}.$$

$$2Z_{\max z} - 2Z_{\min z} = IT_z - IT_d, \quad (2.29)$$

$$3,025 - 2,05 = 1 - 0,025;$$

$$0,975 = 0,975.$$

Умова виконується, отже числові значення припусків розраховані вірно.

Таблиця 2.2. Розрахунок припусків та граничних розмірів

Операція, перехід	Елементи припуску, мкм.				Припуск, $2Z_{min}$ , мкм	Розрахунк. розмір, мм	Допуск, $JT$ , мкм	Граничний розмір, мм		Гран. знач. прип., мм	
	$R_{zi-1}$	$T_{i-1}$	$D_{i+1}$	$E_{yi}$				min	max	$2Z_{min}$	$2Z_{max}$
Заготовка	125	150	532	-	-	37,056	1000	42	43	-	-
Точіння чорнове	63	60	32	-	$2*807/1614$	35,442	390	40,44	40,83	1,56	2,17
Точіння чистове	30	30	1	-	$2*155/310$	35,132	160	40,13	40,29	0,31	0,54
Шліфування попереднє	10	20	-	-	$2*61/122$	35,01	62	40,01	40,07	0,12	0,218
Шліфування кінцеве	6,3	12	-	-	$2*30/60$	34,95	25	39,95	40,98	0,06	0,097

Після розрахунків будемо схему розташування полів припусків і допусків.(див. рис. 2.1)

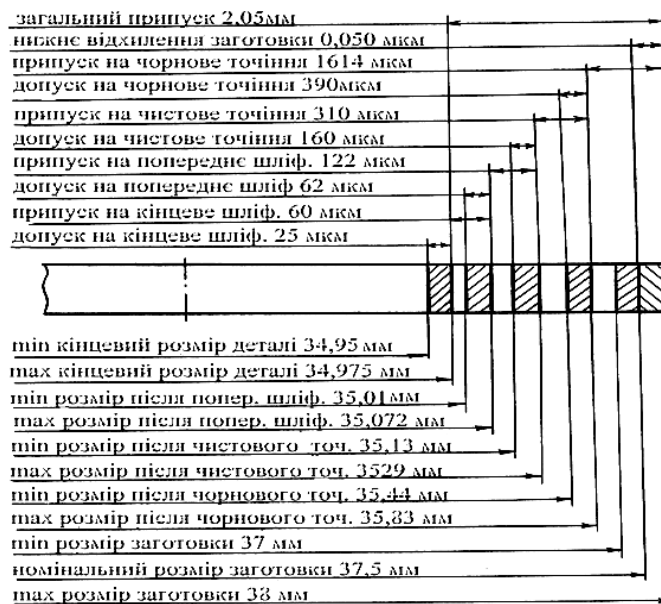


Рисунок 2.1. Схема полів допусків та припусків

## 2.6 Призначення режимі різання

### 2.6.1 Аналітичним методом

Проведемо розрахунок режимів різання при фрезеруванні шпонкового пазу 6 мм операція 025.

Різальний інструмент. Приймаємо фрезу пальцеву з швидкоріжучої сталі P5M5  $D=6$  мм;  $Z = 4$  шт. [6]. Геометричні елементи:  $\gamma=15^\circ$   $\alpha=16^\circ$ .

1. Встановлюємо глибину різання. Припуск, який знімається за один робочий хід відповідно:

$$t = h = 3,5\text{мм.}$$

2. Призначаємо подачу на зуб фрези

$$S_Z = 0,08 \dots 0,15 \text{ мм/зуб [6].}$$

Приймаємо  $S_Z = 0,1$  мм/зуб.

3. «Визначаємо швидкість різання, яка допускається ріжучими властивостями фрези

$$V = \frac{C_v \cdot D^{q_v}}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot S_Z^{y_v} \cdot B^{u_v} \cdot Z^{p_v}} \cdot K_v, \quad (2.30)$$

де  $C_v$  – коефіцієнт та показники степені вибираємо по [6]:  $C_v = 68,5$ ;  $q = 0,25$ ;  $x = 0,3$ ;  $y = 0,2$ ;  $u = 0,1$ ;  $p = 0,1$ ;  $m = 0,2$ ;

$T$  – період стійкості фрези,  $T = 120$  хв.» [6];

$K_v$  – «загальний виправний коефіцієнт на швидкість різання, який вираховує фактичні умови різання

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv}, \quad (2.31)$$

де  $K_{mv}$  – коефіцієнт, який враховує якість оброблюємого матеріалу» [6].

$$K_{mv} = K_2 \left( \frac{750}{\delta_B} \right)^{n_v}, \quad (2.32)$$

де  $K_2$  – «коефіцієнт оброблюємості,  $K_2 = 1$ » [6];

$n_v$  – показник степені,  $n_v = -0,9$ ;  $\delta_B = 460$  МПа.

$$K_{mv} = 1,0 \left( \frac{750}{460} \right)^{-0,9} = 0,64.$$

$K_{nv}$  – коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготовки,  $K_{nv} = 0,9$  [6];

$K_{uv}$  – коефіцієнт, який враховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання,  $K_{uv} = 1$ , [6].

$$K_v = 0,64 * 0,9 * 1 = 0,58.$$

Тоді

$$V = \frac{68,5 \cdot 6^{0,25}}{120^{0,2} \cdot 3,5^{0,3} \cdot 0,1^{0,2} \cdot 6^{0,1} \cdot 4^{0,1}} \cdot 0,58 = 24,14 \text{ м/хв.}$$

#### 4. Число обертів шпинделя

$$n = \frac{1000V}{\Pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 24,14}{3,14 \cdot 6} = 1280,3 \text{ хв}^{-1}, \quad (2.33)$$

Коректуємо частоту обертання шпинделя по паспорту верстата і встановлюємо дійсну частоту обертання:  $n_\partial = 1200 \text{ хв}^{-1}$ .

#### 5. Дійсна швидкість різання

$$V_\partial = \frac{\Pi \cdot D \cdot n_\partial}{1000} = \frac{3,14 \cdot 6 \cdot 1200}{1000} = 22,6 \text{ м/хв}, \quad (2.34)$$

#### 6. Визначаємо потужність різання

$$N_{\text{різ}} = \frac{P_Z \cdot V_\partial}{102 \cdot 60}, \quad (2.35)$$

де  $P_Z$  – сила різання, яку визначаємо за формулою

$$P_Z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^{xp} \cdot S_Z^{yp} \cdot B^{up} \cdot Z}{D^{qp} \cdot n^{op}} \cdot K_{mp}, \quad (2.36)$$

де  $C_p$  – коефіцієнт та показники степені вибираємо по [6],  $C_p = 68,2$ ;  $x = 0,86$ ;  $y = 0,72$ ;  $u = 1,0$ ;  $q = 0,86$ ;  $\omega = 0$ ;

$K_{mp}$  – виправний коефіцієнт на якість матеріалу, що оброблюється [6].

$$K_{mp} = \left( \frac{\delta_8}{750} \right)^n, \quad (2.37)$$

де  $n$  – показник степені,  $n = 0,3$

$$K_{mp} = \left( \frac{460}{750} \right)^{0,3} = 0,86$$

$$P_Z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 3,5^{0,86} \cdot 0,1^{0,72} \cdot 6^1 \cdot 4}{6^{0,86} \cdot 1200^0} \cdot 0,86 = 191 \text{ Н}$$

Тоді

$$N_{\text{різ}} = 2 \cdot \frac{191 \cdot 22,6}{1020 \cdot 60} = 0,07 \text{ кВт}.$$

Перевіряємо, чи достатня потужність верстата моделі 6P13 для проведення цієї операції

$$N_{\text{шт}} = N_{\text{вер}} \cdot \eta = 7,5 \cdot 0,8 = 6 \text{ кВт}, \quad (2.38)$$

Умова  $N_{\text{шт}} \geq N_{\text{різ}}$  ( $6 > 0,07 \text{ кВт}$ ) виконується, значить обробка можлива.

Визначаємо основний час на операцію

$$T_o = \frac{L}{S_{\text{хв}}} \cdot Z, \quad (2.39)$$

де  $S_{\text{хв}}$  – хвилинна подача, мм/хв.

$$S_{\text{хв}} = S_Z \cdot n \cdot Z = 0,1 \cdot 1200 \cdot 4 = 480 \text{ мм/хв.}, \quad (2.40)$$

По паспорту верстата  $S_{\text{хв}} = 450 \text{ мм/хв.}$

Дійсна подача на зуб фрези

$$S_Z = \frac{450}{1200 \cdot 4} = 0,09 \text{ мм/зуб}, \quad (2.41)$$

$L$  – довжина робочого ходу інструменту

$$L = \ell + y + \Delta, \quad (2.42)$$

де  $\ell$  - довжина поверхні, що оброблюється;

$y$  – величина врізання фрези  $y = 2$  мм.

$\Delta$  - перебіг,  $\Delta = 1 \dots 5$  мм. Приймаємо  $\Delta = 3$  мм

$$L = 36 + 20 + 20 + 2 + 3 = 81 \text{ мм}. \quad (2.43)$$

$$T_0 = \frac{81}{450} = 0,18 \text{ хв.}$$

## 2.6.2 Вибір режимів різання на інші операції по таблицям нормативам

Призначення режимів при нарізанні різьби М30-1,5

Вибираємо різальний інструмент.

Приймаємо різбовий різець для метричної різьби. Матеріал пластинки – твердий сплав Т5К10, матеріал корпусу – сталь 45. Перетин корпусу  $16 \times 25$  мм,  $L=150$  мм; Визначаємо геометричні елементи: кут профілю різьби  $60^\circ$ ;  $\alpha = 6^\circ$ ;  $\gamma = 0$ .

«Назначаємо режим різання за методикою:

1. Визначаємо число робочих ходів. Для зовнішньої різьби з кроком  $p = 1,5$  мм.

2. Встановлюємо швидкість головного руху різання, яка допускається ріжучими властивостями різця.

$V_{\text{табл}} = 28$  м/хв. Виправний коефіцієнт на швидкість головного руху різання при даних умовах обробки дорівнює 1.

Тоді

$$V = V_{\text{табл}} = 28 \text{ м/хв.}$$

3. Частота обертання шпинделя верстата, яка відповідає знайдений швидкості головного руху різання

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 28}{3,14 \cdot 30} = 297 \text{ хв}^{-1}.$$

Частота обертання верстата 16К20Ф3 безступенева і встановлюємо частоту обертання шпинделя :  $n_{\text{д}} = 290 \text{ хв}^{-1}$ .

4. Дійсна швидкість головного руху

$$V_{\text{д}} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\text{д}}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 30 \cdot 290}{1000} = 27,3 \text{ м/хв.}$$

5. Визначаємо потужність різання. Табличне значення потужності  $N_{\text{табл}} = 2,1$  кВт. Виправний коефіцієнт на потужність при заданих умовах обробки дорівнює 1» [6].

Тоді  $N_{\text{різ}} = N_{\text{табл}} = 2,1$  кВт.

6. Перевіряємо, чи достатня потужність приводу верстату.  $N_{\text{шт}} = 7,5$  кВт (з попередніх розрахунків). Умова  $N_{\text{різ}} \leq N_{\text{шт}}$  ( $2,1 < 7,5$ ) виконується, обробка можлива.

Основний час

$$T_o = \frac{l + l_1}{n_{\text{д}} \cdot P} \cdot 3, \quad (2.44)$$

де  $l_1$  – «врізання і перебіг різця» [6],  $l_1 = 8$  мм, 3- три проходи.

При нарізанні різьби різцем подачу приймаємо чисельно рівною кроку різьби

$$t = P = 1,5. \text{ мм.}$$

Отже

$$T_o = \frac{40+8}{290*1,5} 3 = 0,33 \text{ хв.}$$

Всі вибрані по нормативах і розраховані режими різання на операції заносимо в табл.2.3.

Таблиця 2.3 - Режими різання по операціях

№ операції, переходу	t, мм	S, мм/об	S <sub>хв</sub> , мм/хв	S <sub>з</sub> , мм/зуб	V, м/хв	n, хв <sup>-1</sup>	V <sub>к</sub> , м/с	N <sub>рїз</sub> , кВт	N <sub>б</sub> , кВт	S <sub>д</sub>	V <sub>д</sub>	n <sub>д</sub>	L <sub>р.х</sub> , мм	T <sub>о</sub> , хв	Модель верстата
005															
1	2		600	0,1	150	400		0,85	3,5	0,1	150	400	70	0,18	
2	1,5	0,22			23	700	-	0,1	3,5	0,1	23	700	8	0,08	MP-71
010															
1	2	0,8			100,1	700		2,51	7,5		98,9	700	200	0,49	16K20Ф3
2	1,2	0,8			100,1	700		2,51	7,5		98,9	700	1	0,2	
3	1,6	0,8			100,1	700		2,51	7,5		98,9	700	20	0,2	
015															
1	0,3	0,2	-	-	94,14	760,45	-	0,5	7,5	0,2	94	760	280	1,84	16K20Ф3
2	2	0,3	-	-	94,5	760,3	-	0,42	7,5	0,1	94	760	2,5	0,2	
3	1,5	1,5			36	160		0,2	7,5	1,5	36	160	22	0,4	
4	2	0,3	-	-	94,5	760,3	-	0,42	7,5	0,1	94	760	2,5	0,2	
5	1,5	1,5			36	160		0,2	7,5	1,5	36	160	22	0,4	
020															
1	3	-	240	0,1	24,14	1220	-	0,06	7,5	0,1	22,6	1200	76	0,32	6P13Ф3
025															
1	3,6	0,21	-	-	32	892	-	1,1	3,5	0,21	20,1	800	15	0,34	2A135Ф2
2	0,2	0,5			20	300		0,2	3,5		15,5	125	10	0,04	
3	1,5	0,2			32	892		0,3	3,5	0,2	15,5	250	1,5	0,05	
4	0,1	0,4			9,6	500		0,1	3,5		7,85	125	10	0,08	
030															
1	0,1	0,1			37,6	1200		0,15	2,2	0,1	37,9	1200	5	0,9	3922E
035															
1	0,3	0,2		-	-	282	35	1,8	7,5	1,5	30,8	280	260	1,48	3M174
040															
1	0,1	0,07				279	35	1,3	7,5	1,9	33,9	270	260	2,23	3M174
045															
1	0,01	руч										160	280	2	16K20

## 2.7 технічне нормування операцій технологічного процесу

«Технічні норми часу в умовах серійного виробництва встановлюють розрахунково-аналітичним методом [7].

Визначаємо норму штучно-калькуляційного часу

$$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n}, \quad (2.45)$$

де  $T_{\text{пз}}$  – підготовчо-заклучний час, хв.;

$n$  – величина партії деталей;

$T_{\text{шт}}$  - штучний час на операцію хв.

$$T_{\text{шт}} = T_o + T_d + T_{\text{об}} + T_{\text{від}}, \quad (2.46)$$

де  $T_o$  - основний час на операцію, хв.;

$T_d$  - допоміжний час, хв.

$$T_d = T_{\text{в.з}} + T_{\text{з.в}} + T_{\text{уп}} + T_{\text{вим}}, \quad (2.47)$$

де  $T_{\text{в.з}}$  - час на встановлення та зняття деталі, хв.;

$T_{\text{з.в}}$  – час на закріплення та відкріплення деталі, хв.;

$T_{\text{уп}}$  – час на прийняття управління, хв.;

$T_{\text{вим}}$  – час на вимірювання деталі, хв.;

$T_{\text{об}}$  – час на обслуговування робочого місця, хв.

В середньо серійному виробництві при шліфуванні час на обслуговування робочого місця визначається за формулою:

$$T_{\text{об}} = T_{\text{орг}} + T_{\text{тех}}, \quad (2.48)$$

де  $T_{\text{орг}}$  – час на організаційне обслуговування, хв.;

$T_{\text{тех}}$  – час на технічне обслуговування робочого місця, хв.;

$T_{\text{від}}$  – час перерв на відпочинок та особисті потреби, хв.» [7].

Для прикладу визначимо норми часу на операцію 005.

$$\text{Визначаємо } (T_{в.з} + T_{з.в}) = 0,08 \text{ хв. [7].}$$

Враховуємо виправний коефіцієнт для середньо серійного виробництва

$$T_{в.з} + T_{з.в} = 0,08 * 1,85 = 0,148 \text{ хв.}$$

$$T_{уп} = (0,01 + 0,04 + 0,01) * 1,85 = 0,111 \text{ хв. [7]}$$

$$T_{вим} = 0,11 * 1,85 = 0,2 \text{ хв [7]}$$

Визначаємо оперативний час  $T_{оп}$  :

$$T_{оп} = T_o + T_{доп} = 0,18 + 0,148 + 0,111 + 0,2 = 0,64 \text{ хв.}$$

(1.49)

Загальний час на обслуговування робочого місця і відпочинок дорівнює

$$T_{об.від} = \frac{T_{оп} \times P_{об.від}}{100}, \quad (1.50)$$

де  $T_{об.від}$  – «затрати часу на обслуговування і відпочинок у відсотковому відношенні до оперативного часу,  $T_{об.від} = 8\%$ ,» [7].

$$T_{об.від} = \frac{2,21 \times 8}{100} = 0,18 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час

$$T_{шт} = 0,64 + 0,3 = 0,94 \text{ хв.}$$

Визначаємо підготовчо-заклучний час [7].

$$T_{п.з} = 12 + 2 + 7 = 21 \text{ хв.}$$

$n_M$  – місячна програма випуску заданої деталі при роботі в одну зміну, шт.

$$n_M = N_p / 24, \quad (1.51)$$

де  $N_p$  - річна програма випуску заданої деталі.

$$n_M = 3000 / 24 = 125 \text{ шт.}$$

Визначаємо штучно-калькуляційний час

$$T_{\text{шт-к}} = \frac{21}{125} + 0,94 = 1,11 \text{ хв.}$$

На інші операції норми часу визначаємо аналогічно і заносимо в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 - Звідна таблиця технічних норм часу (хв.) по операціях

Номер і назва операції	$T_o$	$T_d$			$T_{оп}$	$T_{об}$			$T_{від}$	$T_{шт}$	$T_{п.з}$	$T_{шт-к}$
		$T_{в.з+}$ $T_{з.в}$	$T_{уп}$	$T_{вим}$		$T_{тех}$	$T_{орг}$					
005 Фрезерно-центрувальна	0,26	0,148	0,111	0,2	0,64	0,3			0,94	21	1,11	
010 Токарна зЧПК	0,89	0,13	0,176	0,203	1,4	0,2			1,6	22	1,78	
015 Токарна ЧПК	3,04	0,13	0,094	0,148	3,41	0,21			3,62	21	3,79	
020 Фрезерна	0,32	0,148	0,167	0,129	0,764	0,23			0,99	21	1,16	
025 Свердлувальна	0,34	0,13	0,168	0,129	0,77	0,04			0,81	21	0,92	
030 Центрошліфувальна	0,9	0,148	0,167	0,203	1,42	0,11			1,51	15	1,69	
035 Круглошліфувальна	1,48	0,13	0,166	0,129	1,9	0,009	0,006	0,012	1,93	8	2,03	
040 Круглошліфувальна	2,23	0,13	0,166	0,129	2,66	0,004	0,003	0,006	2,67	8	2,76	
045Токарна	2	0,13	0,094	0,148	2,37	0,3			2,67	21	2.84	

## 2.9 Оформлення технологічної документації

«В роботі для оформлення розроблених технологічних процесів використовуються наступні види технологічних документів загального і спеціального призначення по ДСТУ БА.4-4:2009.

Маршрутна карта МК – документ, який містить опис технологічного процесу виготовлення деталі, включаючи контроль і переміщення, по всім операціям різних видів в технологічній послідовності з вказівкою даних про обладнання, оснастку, матеріальні і трудові нормативи.

Операційна карта ОК – описання технологічної операції з вказівкою переходів, режимів обробки і даних про технологічне оснащення.

Карта ескізів КЕ – ескізи, схеми і таблиці, які необхідні для виконання технологічного процесу, операції або переходу виготовлення виробу, включаючи контроль і переміщення.

Заповнення маршрутних, операційних карт механічно обробки, слюсарних, електромонтажних робіт та інших документів виконується у відповідності до загальних вимог» [1].

## **3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ**

### **3.1 Проектування верстатного пристрою для фрезерування шпонкових пазів**

В даному пункті розглянемо проектування пристрою для закріплення заготовки-осі при фрезеруванні шпонкових пазів на вертикально - фрезерному верстаті моделі 6P13Ф3.

#### **3.1.1 Схема базування та закріплення деталі**

«Положення заготовки при обробці, як і будь якого іншого твердого тіла в просторі, характеризується шістьма степенями вільності, які визначають можливість переміщення і повороту заготовки відносно трьох координатних осей. При повному орієнтирі заготовка втрачає всі степені вільності; при не повному – числа степені вільності менше шести. В нашому випадку точне встановлення деталі в усіх напрямках потребується тільки в лінійному напрямку, і можлива довільна орієнтація деталі з поворотом навколо її осі.

У випадку повного орієнтування встановлення заготовок виконують здійснюючи повний контакт базових поверхонь з елементами пристрою жорстко закріпленими в його корпусі. Це забезпечується прикладенням до заготовки відповідних сил закріплення. Для повної орієнтації заготовки число і розташування опор повинно бути таким, щоб при дотриманості невідривності баз від опор заготовка не могла зсуватись відносно координатних осей. При виконанні умови невідривності заготовка залишається без всіх ступенів вільності» [8].

Кількість опор, на які встановлюємо заготовку, не повинно бути більше шести. Для забезпечення стійкого положення заготовки, в пристрої відстань

між опорами слід вибрати по можливості більшу, при встановленні заготовки на опори, вона не повинна перевертатись. При збільшенні відстані між опорами зменшується вплив похибок форми базових поверхонь на положення заготовки в пристрої.

Виходячи з того, що було вище сказано, встановлюючими базами на операцію 015 приймаємо циліндричну поверхню  $\varnothing 40$ , і торець 1. Дивись рис. 3.1

Схема базування для операції має вигляд:



Рисунок 3.1 Схема базування при фрезеруванні шпонкових пазів

### 3.1.2 Вибір установчих елементів пристрою

«При виборі установчих елементів враховуються загальні принципи встановлення заготовок, а до елементів кріплення можуть пред'являтися наступні вимоги: кількість і розташування елементів, відповідно до прийнятої принципової схеми, стабільність орієнтації заготовки при її встановленні, при використанні необхідних баз з параметром шорсткості  $Ra \geq 20$  мкм.

Установочні елементи повинні бути виготовлені з обмеженою контактною поверхнею, щоб зменшити вплив нерівностей контактної поверхні на стабільність заготовки. Установочні елементи не повинні пошкоджувати поверхні, особливо ті, що підлягають обробці. Елементи установки повинні бути міцними. Шліфуючи поверхню стику елемента з корпусом пристрою, ми покращуємо якість з'єднання, щільно притискаємо елемент до корпусу

пристрою, підвищуючи жорсткість. Зносостійкість контактних поверхонь підвищується завдяки виготовленню зі сталі, загартованої до твердості від 56 до 61 HRC. Знос опори можна зменшити шляхом напилення на опорну поверхню металу» [8]. В якості установчих елементів для циліндричної поверхні Ø 40 мм. в проєктуємому пристрої застосовуємо призми із сталі 20 з цементуванням опорних поверхонь на глибину 0,8...1,2мм. до твердості 56...61 HRC.

### 3.1.3 Розрахунок точності обробки

«Допустиму підсумкову похибку пристрою визначаємо за формулою:

$$\varepsilon_{\text{доп}} = TD - \kappa \cdot \omega, \quad (3.1)$$

де  $TD$  – поле допуску на виконуваний розмір деталі,  $TD = 200$  мкм;

$\kappa$  – поправочний коефіцієнт,  $\kappa = 0,8$  [8];

$\omega$  – точність обробки на вибраному верстаті,  $\omega = 20$  мкм.» [8].

$$\varepsilon_{\text{доп}} = 200 - 0,8 \cdot 20 = 184 \text{ мкм.}$$

«Похибку установки визначаємо за формулою:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\text{б}}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{\text{пр}}^2}, \quad (3.2)$$

де  $\varepsilon_{\text{б}}$  - похибка базування деталі,  $\varepsilon_{\text{TH}_2} = \frac{T}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}$ ; (базування у призмі);

$$\varepsilon_{\text{б}} = \frac{200}{2 \cdot \sin \frac{90}{2}} = \frac{200}{1,42} = 140 \text{ мкм.}$$

$\varepsilon_3$  - похибка закріплення,  $\varepsilon_3 = 0,01$  мм (затиск прихватом)» [ 8];

$\varepsilon_{np}$  – «похибка пристрою:

$$\varepsilon_{np} = \sqrt{\varepsilon_{виг}^2 + \varepsilon_{зн}^2 + \varepsilon_{фікс}^2} \quad , \quad (3.3)$$

де  $\varepsilon_{виг}$  - похибка виготовлення установочних елементів,  $\varepsilon_{виг} = 0,01$  мм;

$\varepsilon_{зн}$  - похибка зношення установочних елементів,  $\varepsilon_{зн} = 0,02$  мм;

$\varepsilon_{фікс}$  - похибка фіксації пристрою на столі верстата» [8].,  $\varepsilon_{фікс} = 0,01$  мм.

$$\varepsilon_{np} = \sqrt{0,01^2 + 0,02^2 + 0,01^2} = 0,025 \text{ мм.}$$

Тоді похибка встановлення

$$\varepsilon_y = \sqrt{0,14^2 + 0,01^2 + 0,025^2} = 0,1455 \text{ мм.}$$

Умова  $\varepsilon_{дон} \geq \varepsilon_y$  виконується. Тобто  $0,184 > 0,1455$ . Точність обробки забезпечена.

### 3.1.4 Розрахунок сили закріплення деталі

Головним призначенням закріплюючих пристроїв, є забезпечення надійного контакту заготовки з установочними елементами, попередження її зміщення та вібрацій в процесі обробки.

В залежності від джерела закріплюючої сили, закріплючі механізми поділяються на ручні та механізовані.

Так в у пристрої заготовка своїми базовими циліндричними поверхнями встановлюється в призмі. Для полегшення роботи на пристосуванні та збільшенні надійності затиску застосуємо важільний затискаючий механізм з приводом від пневмоциліндра.

Схема закріплення для фрезерування пазів має такий вигляд:

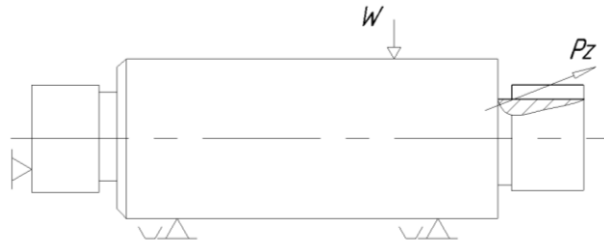


Рисунок 3.2 - Схема закріплення в пристосуванні для фрезерування шпонкових пазів

«Розрахунок сил закріплення проводять при конструюванні нових пристосувань та при використанні тих, що вже є універсальних пристосувань. Розрахунок сил закріплення в першому наближенні може бути зведений до задачі статичної рівноваги заготовки під дією прикладених до неї зовнішніх сил. Як правило розрахунок сил закріплення носить перевірочний характер. Знайдена з умов обробки необхідна сила закріплення повинна бути меншою сили, яку розвиває закріплюючий пристрій, пристосування, що використовується» [8].

При фрезеруванні пазів сила різання намагається повернути заготовку навколо осі. Тому схема розрахунку сили закріплення  $W$  має вигляд:

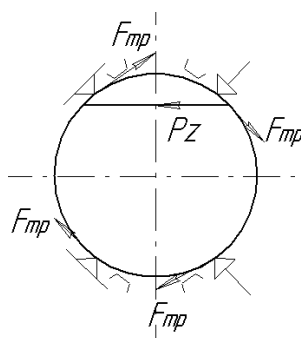


Рисунок 3.3 - Схема для розрахунку сили закріплення  $W$  при фрезеруванні

Розрахунок сили закріплення  $W$  :

Поворот заготовки попереджається силами тертя в місцях контакту заготовки з опорами та затискними елементами.

$$2P_z \cdot k \cdot h = [W \cdot f_1 + W \cdot f_2 + W \cdot f_3 + W \cdot f_4] \cdot \frac{D}{2} \quad (3.4)$$

де,  $f_1, f_2$  – коефіцієнти тертя заготовки з встановлюючими та затискаючими елементами  $h=16,5$  мм;  $D=40$  мм.

$$W = \frac{k \cdot 4 \cdot P_z \cdot h}{[f_1 + f_2 + f_3 + f_4] \cdot D} \quad (3.5)$$

де  $P_z$  - Сила різання при фрезеруванні 191Н,

Коефіцієнт тертя сталі по сталі :

$$f_1 = f_2 = f = 0.15$$

Приймаємо коефіцієнт запасу  $k = 1,5$

Тоді сила закріплення:

$$W = \frac{1.5 \cdot 4 \cdot 191 \cdot 16,5}{[0.15 + 0.15 + 0.15 + 0.15] \cdot 40} = 1050 \text{ Н}$$

### 3.1.5 Розрахунок силового приводу пристрою

«В даному випадку розрахунок приводу пристосування, полягає у визначенні внутрішнього діаметру пневмоциліндра.

З схеми закріплення деталі видно, що

$$P = W \frac{L_1}{L_2};$$

Приймаючи співвідношення плеча важеля:

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{80}{90} = 0,8$$

Визначаємо необхідне зусилля на штокові пневмоциліндра:

$$P = W \cdot 0,8 = 1050 \cdot 0,8 = 840 \text{ Н.}$$

Зусилля на штокові пневмоциліндра залежить від робочого тиску повітря і внутрішнього діаметра циліндра» [8]:

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} p_n \eta \quad (3.6)$$

де  $p_n = 0,4$  МПа – розрахунковий тиск повітря в пневмосистемі;

$D$  – діаметр циліндра мм.;

$\eta$  – коефіцієнт корисної дії.

Розрахунок внутрішнього діаметру циліндра визначаємо за формулою:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot p \cdot \eta}}, \quad (3.7)$$

Підставляємо значення в формулу 3.7 та обраховуємо:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot p_n \cdot \eta}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 840}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,95}} = 52 \text{ мм.}$$

З стандартного ряду вибираємо циліндр з діаметром:  $D_{\text{ц}} = 63$  мм.

Фактичне максимальне зусилля на штокові пневмоциліндра при максимальному тиску повітря буде:

$$P_{\Phi} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} P = \frac{3,14 \cdot 63^2}{4} \cdot 0,63 = 1962 \text{ Н.}$$

За фактичним максимальним зусиллям проводиться розрахунок елементів пристрою на міцність.

### 3.1.6 Розрахунок елементів пристрою на міцність

Розраховуємо у пристрої для фрезерування найбільш навантажений елемент.

«Розглядаючи конструкцію даного затискаючого пристосування можна зробити висновки, що найбільш навантаженою деталлю є вісь на якій кріпиться важіль, що передає зусилля від штока пневмоциліндра.

Проводимо перевірочний розрахунок цієї вісі на зріз та зріз по двох площинах. Для розрахунку складаємо розрахункову схему:

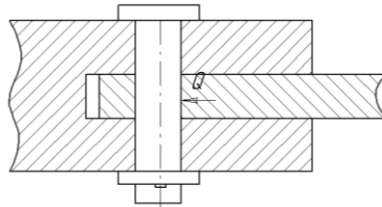


Рисунок 2.4 - Розрахункова схема

Умова міцності на зріз визначаємо із співвідношення» [10]:

$$\frac{Q}{n \cdot A} \leq [\tau]_{зр}, \quad (3.8)$$

де  $Q$  – сила діюча у перерізі буде дорівнювати :  $Q/2 = 1962/2=981$  Н.

$A$  – Площа перерізу,  $\text{мм}^2$ .

$n$  – Кількість площин зрізу.

$$[\tau]_{зр} \approx 0,3[\sigma_{зм}] = 0,3 * 200 = 60 \text{ МПа}$$

Згідно формули визначаємо мінімально допустимий діаметр осі.

$$d \geq \sqrt{\frac{4Q}{2[\tau]_{3p} \Pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1962}{2 \cdot 60 \cdot 3,14}} = 4,6 \text{ мм}$$

За конструктивними міркуваннями прийнято  $d = 8$  мм.

### 3.1.7 Опис роботи пристрою для фрезерування

Оброблювані деталі встановлюються своїми базовими поверхнями в призми пристрою до упора в осьовому напрямі за допомогою пластини товщиною 5 мм в упорну планку. При включанні пневморозподільника стиснуте повітря попадає в поршневу порожнину пневмоциліндра, поршень зі штоком переміщаються вверх. Від штоку рух передається важелю встановленим на осі, закріпленої в корпусі пристрою. Другим своїм кінцем важіль закріплює деталь за допомогою плаваючих упорів. Деталі готові до обробки. В конструкції пристрою передбачена установочна планка яка дозволяє встановлювати заготовку на уже налаштований розмір.

Після закінчення фрезерування при включанні пневморозподільника стиснуте повітря попадає в штокову порожнину пневмоциліндра, та розкріплює деталі, які знімаються з призм.

На нижній плиті корпуса встановлені дві круглі шпонки які орієнтують пристрій відносно стола станка.

До столу верстата корпус пристрою кріпиться за допомогою двох стандартних болтів.

Пристрій для фрезерування пазів призначений для встановлення на горизонтально – фрезерний верстат моделі 6Р83 базування та закріплення в ньому осі, при фрезеруванні пазів.

Технічні умови:

Оброблювана деталь

Вісь 423.02-01

Привід механізму, що затискає	пневматичний
Сила закріплення	1050 Н
Робочий тиск в пневмосистемі	0,4....0,63
МПа	
Зусилля на штокові пневмоциліндра	1962 Н
Габаритні розміри пристосування:	
Довжина мм	350
Висота мм	230
Ширина мм	300
Маса не більше	16 кг

### **3.2 Проектування контрольного інструменту для контролю пов. Ø40 k6( $\begin{smallmatrix} +0.015 \\ +0.002 \end{smallmatrix}$ )**

«Для контролю одної, чи декількох поверхонь необхідно підібрати вимірювальний інструмент, провести розрахунки виконавчих розмірів і визначити ілюстраційну схему взаємного розташування і допусків деталі і калібру» [9].

#### **3.2.1 Технічні умови та вимоги кресленника, що підлягають контролю**

Для контролю розміру Ø40k6 розраховуємо калібр - скобу. Для цього використовуємо літературу [9].

#### **3.2.2 Розрахунок параметрів пристрою**

Знаходимо граничні розміри валу за формулами:

$$\begin{aligned}d_{\max} &= d + es, \\d_{\min} &= d + ei.\end{aligned}\tag{3.9}$$

$$d_{\max} = 40 + 0,015 = 40,015 \text{ (мм)}.$$

$$d_{\min} = 40 + 0,002 = 40,002 \text{ (мм)}.$$

«Для 6 квалітету і інтервалу розмірів більше від 20 до 30 мм знаходимо данні для визначення розмірів необхідних калібрів и контркалибрів:

$Z_1 = 0,0025$  мм – відхилення середини поля допуску на виготовлення прохідного калібру для вала відносно найбільшого граничного розміру виробу;

$Y_1 = 0,002$  мм – допустимий вихід розміру зношеного прохідного калібру для вала за границю поля допуску виробу;

$H_1 = 0,003$  мм – допуск на виготовлення калібрів для вала;

$H_p = 0,0012$  мм – допуск на виготовлення контрольного калібру для скоби»[9].

Визначаємо розміри калібру-скоби:

1) найменший розмір прохідного нового калібру-скоби ПР визначаємо за формулою:

$$PP_{\min} = d_{\max} - Z_1 - H_1 / 2.\tag{3.10}$$

$$PP_{\min} = 40,015 - 0,0025 - 0,003 / 2 = 40,011 \text{ (мм)}.$$

2) найменший розмір непрохідного калібру-скоби НЕ визначаємо за формулою:

$$HE_{\min} = d_{\min} - H_1 / 2.\tag{3.11}$$

$$HE_{\min} = d_{\min} - H_1 / 2 = 40,002 - 0,003 / 2 = 40,0005 \text{ (мм)}.$$

- 1) граничний розмір зношеного калібру-скоби ПР визначаємо за формулою:

$$ПР_{зН} = d_{\max} + Y_1. \quad (3.12)$$

$$ПР_{зН} = d_{\max} + Y_1 = 40,015 + 0,002 = 40,017 \text{ (мм)}.$$

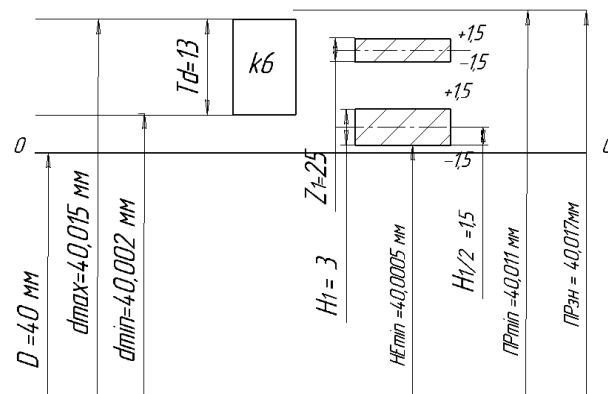


Рисунок 3.5 – Схема розташування полів допусків для розміру Ø40k6

### 3.2.3 Принцип роботи пристрою

Для контролю розміру Ø40k6 застосовуємо калібр - скобу. При встановленні калібру – скоби на поверхню Ø40k6 контролюємо, щоби діаметр валу пройшов «прохід» та зупинився на «не проході» – деталь годна. Якщо калібр – скоба проходить поверхню вала «не проходом» або поверхню не проходить «прохід» то деталь не годна.

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 4.1 Електротравматизм та дія електричного струму на організм людини

«З кожним роком зростає виробництво та споживання електроенергії (табл. 4.1), а відтак і кількість людей, які в процесі своєї життєдіяльності використовують (експлуатують) електричні пристрої та установки. Тому питання електробезпеки набувають особливої ваги.

Таблиця 4.1 Динаміка зростання світового виробництва електроенергії

Роки	198	199	200	201
% до	175	235	320	415

*Електробезпека* — це система організаційних та технічних заходів і засобів, що забезпечують захист людей від шкідливого та небезпечного впливу електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля і статичної електрики.

Аналіз виробничого травматизму показує, що кількість травм, які спричинені дією електричного струму є незначною і складає близько 1 %, однак із загальної кількості смертельних нещасних випадків частка електротравм вже складає 20-40% і займає одне з перших місць. Найбільша кількість випадків електротравматизму, в тому числі із смертельними наслідками, стається при експлуатації електроустановок напругою до 1000 В, що пов'язано з їх поширенням і відносною доступністю практично для кожного, хто працює на виробництві. Випадки електротравматизму, під час експлуатації електроустановок напругою понад 1000 В нечасті, що обумовлено

незначним поширенням таких електроустановок і обслуговуванням їх висококваліфікованим персоналом» [14].

«Основними причинами електротравматизму на виробництві є: випадкове доторкання до неізольованих струмопровідних частин електроустаткування; використання несправних ручних електроінструментів; застосування нестандартних або несправних переносних світильників напругою 220 чи 127 В; робота без надійних захисних засобів та запобіжних пристосувань; доторкання до незаземлених корпусів електроустаткування, що опинилися під напругою внаслідок пошкодження ізоляції; недотримання правил улаштування, технічної експлуатації та правил техніки безпеки при експлуатації електроустановок та ін.

Електроустаткування, з яким доводиться мати справу практично всім працівникам на виробництві, становить значну потенційну небезпеку ще й тому, що органи чуття людини не здатні на відстані виявляти наявність електричної напруги. В зв'язку з цим захисна реакція організму проявляється лише після того, як людина потрапила під дію електричної напруги. Проходячи через організм людини електричний струм справляє на нього термічну, електролітичну, механічну та біологічну дію» [14].

«Термічна дія струму проявляється опіками окремих ділянок тіла, нагріванням кровоносних судин, серця, мозку та інших органів, через які проходить струм, що призводить до виникнення в них функціональних розладів.

Електролітична дія струму характеризується розкладом крові та інших органічних рідин, що викликає суттєві порушення їх фізико-хімічного складу.

Механічна дія струму проявляється ушкодженнями (розриви, розшарування тощо) різноманітних тканин організму внаслідок електродинамічного ефекту.

Біологічна дія струму на живу тканину проявляється небезпечним збудженням клітин та тканин організму, що супроводжується мимовільним судомним скороченням м'язів. Таке збудження може призвести до суттєвих порушень і навіть повного припинення діяльності органів дихання та кровообігу.

Подразнення тканин організму внаслідок дії електричного струму може бути прямим, коли струм проходить безпосередньо через ці тканини, та рефлекторним (через центральну нервову систему), коли тканини не знаходяться на шляху проходження струму» [14].

#### **4.2 Види електричних травм. причини летальних наслідків від дії електричного струму**

*«Електротравма* — це травма, яка спричинена дією електричного струму чи електричної дуги. За наслідками електротравми умовно підрозділяють на два види: місцеві електротравми, коли виникає місцеве ушкодження організму, та загальні електротравми (електричні удари), коли уражається весь організм внаслідок порушення нормальної діяльності життєво важливих органів і систем. Приблизний розподіл електротравм за їх видами має такий вигляд: місцеві електротравми - 20%; електричні удари - 25%; змішані травми (сукупність місцевих електротравм та електричних ударів) - 55%.

Характерними місцевими електричними травмами є електричні опіки, електричні знаки, металізація шкіри, механічні ушкодження та електроофтальмія.

*Електричний опік* - найбільш поширена місцева електротравма (близько 60%), яка, в основному, спостерігається у працівників, що обслуговують діючі електроустановки.

Електричні опіки залежно від умов їх виникнення бувають двох видів: струмові (контактні), коли внаслідок проходження струму електрична енергія перетворюється в теплову, та дугові, які виникають внаслідок дії на тіло людини електричної дуги. Залежно від кількості виділеної теплоти та температури, а також і розмірів дуги електричні опіки можуть уражати не лише шкіру, але й м'язи, нерви і навіть кістки. Такі опіки називаються глибинними і заживають досить довго» [14].

*«Електричні знаки (електричні позначки) являють собою плями сірого чи блідо-жовтого кольору у вигляді мозоля на поверхні шкіри в місці її контакту із струмопровідними частинами.*

*Металізація шкіри* -це проникнення у верхні шари шкіри найдрібніших часточок металу, що розплавляється внаслідок дії електричної дуги. Такого ушкодження, зазвичай, зазнають відкриті частини тіла — руки та лице. Ушкоджена ділянка шкіри стає твердою та шорсткою, однак за відносно короткий час вона знову набуває попереднього вигляду та еластичності.

*Механічні ушкодження* - це ушкодження, які виникають внаслідок судомних скорочень м'язів під дією електричного струму, що проходить через тіло людини. Механічні ушкодження проявляються у вигляді розривів шкіри, кровоносних судин, нервових тканин, а також вивихів суглобів і навіть переломів кісток.

*Електроофтальмія* - це ураження очей внаслідок дії ультрафіолетових випромінювань електричної дуги.

Найбільш небезпечним видом електротравм є електричний удар, який у більшості випадків (близько 80%, включаючи й змішані травми) призводить до смерті потерпілого» [14].

*«Електричний удар* - це збудження живих тканин організму електричним струмом, що супроводжується судомним скороченням м'язів. Залежно від

наслідків ураження електричні удари можна умовно підрозділити на чотири ступеня:

I - судомні скорочення м'язів без втрати свідомості;

II- судомні скорочення м'язів з втратою свідомості, але зі збереженням дихання та роботи серця;

III- втрата свідомості та порушення серцевої діяльності чи дихання (або одного і другого разом);

IV- клінічна смерть.

*Клінічна смерть* — це перехідний період від життя до смерті, що настає з моменту зупинки серцевої діяльності та легенів і триває 6-8 хвилин, доки не загинули клітини головного мозку. Після цього настає біологічна смерть, внаслідок якої припиняються біологічні процеси у клітинах і тканинах організму і відбувається розпадання білкових структур.

Якщо при клінічній смерті негайно звільнити потерпілого від дії електричного струму та терміново розпочати надання необхідної допомоги (штучне дихання, масаж серця), то існує висока імовірність щодо збереження йому життя.

Причинами летальних наслідків від дії електричного струму можуть бути: зупинка серця чи його фібриляція (хаотичне скорочення волокон серцевого м'яза); припинення дихання внаслідок судомного скорочення м'язів грудної клітки, що беруть участь у процесі дихання; електричний шок (своєрідна нервово-рефлекторна реакція організму у відповідь на подразнення електричним струмом, що супроводжується розладами кровообігу, дихання, обміну речовин і т. п.). Можлива також одночасна дія двох або навіть усіх трьох вищеназваних причин. Слід зазначити, що шоківий стан може тривати від кількох десятків хвилин до діб. При тривалому шоківому стані, зазвичай, настає смерть» [14].

### 4.3 Чинники, що впливають на наслідки ураження електричним струмом

«Характер впливу електричного струму на організм людини, а відтак і наслідки ураження, залежать від цілої низки чинників, які умовно можна підрозділити на чинники електричного (сила струму, напруга, опір тіла людини, вид та частота струму) та неелектричного характеру (тривалість дії струму, шлях проходження струму через тіло людини, індивідуальні особливості людини, умови навколишнього середовища тощо).

*Сила струму*, що проходить через тіло людини є основним чинником, який обумовлює наслідки ураження. Різні за величиною струми справляють і різний вплив на організм людини. Розрізняють три основні порогові значення сили струму:

- пороговий відчутний струм - найменше значення електричного струму, що викликає при проходженні через організм людини відчутні подразнення;
- пороговий невідпускаючий струм - найменше значення електричного струму, яке викликає судомні скорочення м'язів руки, в котрій затиснутий провідник, що унеможлиблює самостійне звільнення людини від дії струму;
- пороговий фібриляційний (смертельно небезпечний) струм - найменше значення електричного струму, що викликає при проходженні через тіло людини фібриляцію серця.

В табл. 4.2 наведено порогові значення сили струму при його проходженні через тіло людини по шляху «рука-рука» або «рука-ноги».

Таблиця 4.2 Порогові значення змінного та постійного струму

Вид струму	Пороговий відчутний	Пороговий невідпускаючий	Пороговий фібриляційний
Змінний струм частотою	0,5—1,5	6—10	80—100

Струм (змінний та постійний) більше 5 А викликає миттєву зупинку серця, минаючи стан фібриляції» [14].

«Таким чином, чим більший струм проходить через тіло людини, тим більшою є небезпека ураження. Однак необхідно зазначити, що це твердження не є безумовним, оскільки небезпека ураження залежить також і від інших чинників, наприклад від індивідуальних особливостей людини.

Значення прикладеної напруги  $U_n$  впливає на наслідки ураження, оскільки згідно закону Ома визначає силу струму  $I_n$ , що проходить через тіло людини, та його опір  $R_n$  :

$$I_n = U_n / R_n \quad (4.1)$$

Чим вище значення напруги, тим більша небезпека ураження електричним струмом. Умовно безпечною для життя людини прийнято вважати напругу, що не перевищує 42 В (в Україні така стандартна напруга становить 36 та 12 В), при якій не повинен статися пробій шкіри людини, що призводить до різкого зменшення загального опору її тіла» [14].

«Електричний опір тіла людини залежить, в основному, від стану шкіри та центральної нервової системи. Загальний електричний опір тіла людини можна представити як суму двох опорів шкіри та опору внутрішніх тканин тіла. Найбільший опір проходженню струму чинить шкіра, особливо її зовнішній ороговілий шар (епідерміс), товщина якого становить близько 0,2 мм. Опір внутрішніх тканин тіла незначний і становить 300-500 Ом. В цьому можна переконатися, коли до язика прикласти контакти батарейки, при цьому відчувається легке пощипування. Коли ці ж контакти прикласти до шкіри тіла,

то відчутних подразнень не виникає, оскільки опір сухої шкіри (епідермісу) значно більший.

*Опір тіла людини* зменшується також при захворюваннях шкіри, центральної нервової та серцевосудинної систем, проявах алергічної реакції тощо. Тому нормативні акти про охорону праці передбачають обов'язкові попередній та періодичні медичні огляди працівників (кандидатів у працівники) для встановлення їх придатності щодо обслуговування діючих електроустановок за станом здоров'я» [14].

«Вид та частота струму, що проходить через тіло людини, також впливають на наслідки ураження. Постійний струм приблизно в 4-5 разів безпечніший за змінний. Це пов'язано з тим, що постійний струм у порівнянні зі змінним промислової частоти такого ж значення викликає більш слабші скорочення м'язів та менш неприємні відчуття. Його дія, в основному, теплова. Однак, слід зауважити, що вищезазначене стосовно порівняльної небезпеки постійного та змінного струму є справедливим лише для напруги до 500 В. При більш високих напругах постійний струм стає небезпечнішим ніж змінний.

*Частота змінного струму* також відіграє важливе значення стосовно питань електробезпеки. Так найбільш небезпечним вважається змінний струм частотою 20-100 Гц. При частоті меншій ніж 20 або більшій за 100 Гц небезпека ураження струмом помітно зменшується. Струм частотою понад 500 кГц не може смертельно уразити людину, однак дуже часто викликає опіки.

*Тривалість дії струму* на організм людини істотно впливає на наслідки ураження: чим більший час проходження струму, тим швидше виснажуються захисні сили організму, при цьому опір тіла людини різко знижується і важкість наслідків зростає. Наприклад, для змінного струму частотою 50 Гц гранично допустимий струм при тривалості дії 0,1 с становить 500 мА, а при дії протягом 1 с - вже 50 мА.

*Шлях проходження струму через тіло людини є важливим чинником. Небезпека ураження особливо велика тоді, коли на шляху струму знаходяться життєво важливі органи - серце, легені, головний мозок. Існує багато можливих шляхів проходження струму через тіло людини (петель струму)» [14].*

## **5 ВИСНОВКИ**

«В кваліфікаційній роботі розроблено технологічний процес виготовлення деталі «Вісь». В загальному та технологічному розділі наведено розроблення технологічного процесу виготовлення деталі, виконано розрахунки: типу виробництва, собівартості заготовки, припусків, режимів різання, норм часу.

В конструкторському розділі проведено проектування та виконано розрахунки верстатного пристрою. Для забезпечення операції контролю відповідальної поверхні деталі спроектовано контрольно-вимірювальний пристрій.

В додатках приведено техпроцес виготовлення деталі вісь, специфікації та керуючу програму на верстат з ЧПК» [1].

## 6 ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Методичні вказівки з курсового проектування по технології машинобудування для студентів спеціальностей «Технологія машинобудування», денної і заочної форм навчання / В.Д. Каразей, Л.В. Присяжний, Ю.В. Савицький – Хмельницький: ХНУ, 2009. – 110 с.
2. Рудь В. Д., Герасимчук О. О., Маркова Т. П. Розмірно-точнісний аналіз конструкцій та технологій. Луцьк : РВВ ЛДТУ, 2008. 344 с.
3. Добрянський С.С., Малафєєв Ю.М., Пуховський Є.С. Проектування та виробництво заготовок. Підручник для студентів машинобудівних спеціальностей ВНЗ. / Під редакцією Коренькова В.М. Київ: НТУУ «КПІ», 2014 353 с., іл.
4. Боженко Л. І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок. Львів: Світ, 1996. 368 с.
5. Шабайкович В.А. Выбор оптимального технологического процесса механической обработки деталей машин. Львов, 1975. 25 с.
6. Технологія машинобудування. Посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт: Навчальний посібник. [Юрчишин І.І. та ін.] Видавництво НУ «Львівська політехніка». 2009. 528 с.
7. Кирилович В. А., Мельничук П. П., Яновський В. А. Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПУ.; під заг. ред. В. А. Кириловича. Житомир : ЖІТІ, 2001. 600 с.
8. Курсове та дипломне проектування для технології машинобудування та металорізальних верстатів. [Гордєєв А.І., Урбанюк Є.А., Безносів А.Є., Мігаль В.Г.] Навчальний посібник, ХНУ, 2005, 300 с.
9. Железна А.М., Кирилович В.А. Основи взаємозамінності, стандартизації та технічних вимірювань: Навчальний посібник. К.: Кондор, 2004. 796 с.

10. Гайдамака А. В. Деталі машин. Основи теорії та розрахунків : навчальний посібник для студентів машинобудівних спеціальностей усіх форм навчання. Харків : НТУ «ХП», 2020. 275 с.
11. Освітня програма бакалавра спеціальності 131 Прикладна механіка.
12. Технічна характеристика верстата VF-1. Каталог.
13. Основи охорони праці: Підручник. 2-ге видання, доповнене та перероблене. / К. Н. Ткачук, М. О. Халімовський, та ін. За ред. К. Н. Ткачука і М. О. Халімовського. К.: Основа, 2006. 448 с.
14. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці. Підручник. Львів Афіша 2004, 248 с.

## ДОДАТКИ