

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет інженерії транспорту та архітектури  
Кафедра технології машинобудування

ДИПЛОМНА РОБОТА

«Технологія виготовлення деталі «Вал ВП.22» з використанням  
Назва теми

верстатів з ЧПК

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 ДРБ.ФІТА.ПМ.23.05.ПЗ

Виконав студент 4 курсу група ПМТс-20-2  
Шифр

  
Підпис

Ілля ВАСИЛЬКОВ  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

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

  
Підпис

Анатолій ГОРДОСВ  
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 «27» 06 2023

Хмельницький 20 23

# ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

## ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ

Направляється студент Васильков Ілля Володимирович на захист дипломного проекту (роботи)  
(прізвище, ім'я, по батькові)  
за спеціальністю 131 - Прикладна механіка

На тему: Технологія виготовлення деталі "Вал ВП.22" з використанням верстатів з ЧПК

Дипломний проект (робота), рецензія і довідка про перевірку на плагіат додаються  
**ВІКТОР ОЛЕКСАНДРОВИЧ**

Декан факультету *[Signature]*  
(підпис) (ім'я, прізвище)

### ДОВІДКА УСПІШНОСТІ

Васильков І. В. за період навчання на факультеті інженерії, транспорту та архітектури з 2020 по 2023 роки повністю виконав навчальний план спеціальності з таким розподілом оцінок за національною шкалою: відмінно 9,38 %, добре 50,00 %, задовільно 40,62 %.  
шкалою ЄКТС: А 13,51 %, В 5,41 %, С 37,84 %, D 18,92 %, E 24,32 %.

Методист факультету *[Signature]*  
(підпис) (ім'я, прізвище)

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

Студент Васильков ІВ приєднався до 3-ї команди проекту автоматично на виконавчого і строк. За час роботи над ДР показав добрі технічні знання. В цілому ДР задовільно оцінки.

Оцінка дипломного проекту (роботи) добре  
Керівник дипломного проекту *[Signature]* *[Signature]*  
(підпис) (ім'я, прізвище)  
" 26 " 06 2023 р.

### ВИСНОВОК КАФЕДРИ ПРО ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ)

Дипломний проект (роботу) розглянуто. Студент Васильков І. В. допускається до захисту цього проекту (роботи) в екзаменаційній комісії.

Завідувач кафедри технології машинобудування  
*[Signature]* *[Signature]*  
(підпис, ім'я, прізвище)  
" 27 " 06 2023 р.

Завідувачу кафедри  
Технології машинобудування  
Ткачуку В.П.  
здобувача вищої освіти  
студента Василькова І.В.  
факультету інженерії, транспорту та  
архітектури, гр. ПМТе-20-2

### 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 (Ulicheck 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.

\_\_\_\_\_

дата

  
\_\_\_\_\_

підпис

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 «Вал ВП.22» з використанням верстатів з ЧПК».

Автор: Васильков Ілля Володимирович

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, виправданій поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту.	Рівень унікальності тексту високий

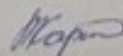
Підтвердження:

завідувач кафедри



Віталій ТКАЧУК

гарант освітньої програми

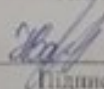


Віталій КАРАЗЕЙ

керівник кваліфікаційної роботи

Анатолій ГОРДЄЄВ

Дата



Підписи

## РЕЦЕНЗИЯ

на дипломну бакалаврську роботу Василькова І. В. «Технологія виготовлення деталі «Вал ВП.22» з використанням верстатів з ЧПК»

Тема дипломної роботи Василькова І. В. є інженерно цікавою і актуальною для сучасного виробництва. Робота скерована на розроблення технології виготовлення деталі Вал із застосуванням верстатів з ЧПК, а саме верстат 2P135Ф2.

Автором в роботі вирішені наступні задачі: запропоновано новий технологічний процес виготовлення деталі Вал, спроектовано свердлувальний верстатний пристрій, та контрольний пристрій для забезпечення операції контролю відповідальної поверхні деталі.

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

В розділі охорони праці розглянуті основні заходи пожежної профілактики на об'єктах.

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 Васильков І. В. заслуговує присудження ступеня бакалавра за спеціальністю 131 - Прикладна механіка

Професор кафедри «Трибології  
автомобілів та матеріалознавства»

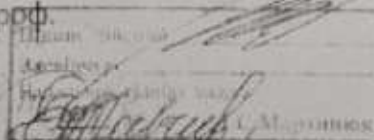
Хмельницького національного  
університету д.т.н., проф.

Диха О.В.

Підпис Диха О.В.

Засвідчую

Начальник відділу кадрів ХНУ





## Реферат

Тема проекту: «Технологія виготовлення деталі «Вал ВП.22»  
з використанням верстатів з ЧПК»

Автор: І. В. Васильков. Керівник роботи : А.І. Гордєєв.

Об'єм пояснювальної записки. 57 стор. Графічна частина 5листів А1.

В загальному розділі 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 свердлувального пристрою для обробки отвору  $\varnothing 2,5$  мм, контрольно-вимірювального пристрою.

В розділі охорони праці приведено дані по основних заходах пожежної профілактики на об'єктах.

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

Автор роботи: І. В. Васильков

2023 р.

/Підпис/

Дата

## ЗМІСТ

	Вступ.....	7
1	<b>Загальний розділ</b> .....	8
1.1	Стан питання та визначення задач дипломного проектування.....	8
1.2	Аналіз об'єкту виробництва. Призначення та конструкція деталі.....	9
1.3	Аналіз технологічності конструкції деталі.....	12
1.4	Визначення типу і організаційної форми виробництва...	13
2	<b>Технологічний розділ</b> .....	16
2.1	Вибір заготовки і обґрунтування методу її отримання....	16
2.2	Вибір технологічних баз.....	18
2.3	Встановлення планів обробки поверхонь деталі.....	18
2.4	Вибір варіанта технологічного маршруту та його техніко-економічне обґрунтувань.....	19
2.5	Розрахунок припусків.....	24
2.5.1	Розрахунок припуску на обробку Ø25k6 .....	24
2.6	Розробка технологічних операцій механічної обробки	28
2.7	Призначення режимів різання .....	31
2.8	Вибір режимів різання на інші операції (переходи) по таблицям нормативів.....	34
2.9	Технічне нормування операцій.....	35

					<b>ДРБ.ПМ.ФІТА.23.00.00.ПЗ</b>		
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив.	Всильков				Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірив	Гордєєв						
Н. Контр.	Бись				<b>ХНУ-ПМТс-20-2</b>		
Затвердив	Ткачук						
					«Технологія виготовлення деталі «Вал ВП.22» з використанням верстатів з ЧПК» (Пояснювальна записка)		

2.10	Оформлення технологічної документації.....	38
3	<b>Конструкторський розділ.....</b>	39
3.1	Проектування верстатного пристрою для свердлування отвору.....	39
3.1.1	Вибір схеми базування та закріплення деталі.....	39
3.1.2	Вибір установочних елементів пристрою.....	39
3.1.3	Розрахунок точності обробки.....	39
3.1.4	Розрахунок сили закріплення деталі.....	40
3.1.5	Розрахунок силового приводу пристрою.....	42
3.1.6	Розрахунок деталей пристрою на міцність.....	43
3.1.7	Опис роботи пристрою.....	44
3.2	Проектування контрольного пристрою.....	45
3.2.1	Технічні умови та вимоги креслення, що підлягають контролю.....	46
3.2.2	Вибір схеми вимірювання заданого параметру.....	46
3.2.3	Розрахунок пристрою на точність.....	47
3.2.4	Опис конструкції і роботи пристрою	48
4	<b>Охорона праці.....</b>	49
4.1	Основні заходи пожежної профілактики на об'єктах.....	49
5	Висновки.....	55
6	Список використаних джерел.....	56
	Додатки.....	

## Вступ

Сучасний рівень технічного прогресу, безперервне створення нових досконалих, автоматизованих і високоточних машин, завдяки використанню новітніх розробок і досягнень в науці, потребують підготовки кваліфікованих інженерів, які володіють глибокими теоретичними знаннями і добре володіють новою технікою і технологією виробництва.

Машинобудування поставляє багато різноманітного обладнання для всіх галузей народного господарства, тому від якості цього обладнання залежить продуктивність інших галузей, як легкої, так і важкої промисловості.

Провідні західні компанії та фірми зробили великий кроку розвитку техніки завдяки чому їх товари користуються попитом, як на зовнішньому, так і на внутрішньому ринку.

З'явилася жорстка конкуренція на ринках товарів машинобудівного комплексу. В таких досить важких умовах необхідно розвивати вітчизняний машинобудівний комплекс. На виробництво потрібно впроваджувати новітні розробки, а також потрібно віддавати ініціативу молоді.

Обладнання підприємств морально застаріло, тому його необхідно оновлювати якщо не одразу все, то хоча би поступово.

Важливим показником в сучасних виробках машинобудівного комплексу є: надійність, довговічність, зручність, ергономічність і простота у використанні та експлуатації. Досягнути усіх цих показників допоможе використання високовиробничих методів обробки, тобто таких методів, які б забезпечували велику точність і якість поверхонь деталей машин, методів зміцнення робочих поверхонь, щоб підвищити ресурс роботи деталей машин в цілому, ефективно використання сучасних потокових ліній, верстатів з ЧПК також використання комп'ютерного забезпечення.

## 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» [20].

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

Виріб «вал приводний» призначений для передачі обертів від електродвигуна до робочих органів машини. Обертовий рух на вал передається через шків 4 і змонтовану в ньому фрикційну муфту. Шків 4 обертається вільно відносно диска 3, який з'єднаний з валом 15 шпонкою 24. На диску 3 встановлені палець 16, на якому вільно повертається важіль вмикання 17, і палець 13, на якому обертаються фрикційні сектора 14 і 20 муфти.

Вал 15 починає обертатися після увімкнення муфти. Для цього необхідно зсунути втулку 5 по шпонці 25 ліворуч. Кінець важеля повернеться на пальці 16 і

квадратним виступом розсуне сектори 14 і 20 муфти, які притиснуться до шківів, що обертається і передадуть обертальний рух через диск 3 на вал 15. В початкове положення сектори повертаються за допомогою пружини 18.

Обертання робочим органам машини передається з вала 15 через зубчате колесо 10, яке закріплене на валу штифтом 28. Опорами вала 15 служать підшипники ковзання (втулки 6, 9 і 12), які запресовані в кронштейнах 7 і 11. Змащуються підшипники через маслянки 30. В кронштейнах 7 і 11 є отвори для кріплення до станини машини.

З аналізу робочого креслення деталі (рис. 1.1) можна сказати про наявність всіх даних для виготовлення деталі.

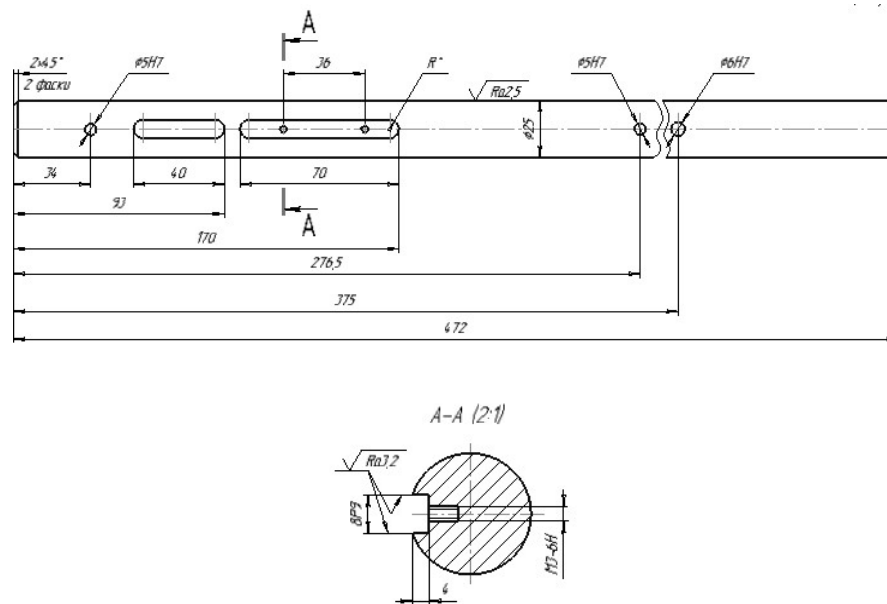


Рисунок 1.1 – Загальний вигляд конструкції валу ВП.22

### 1 Вибір матеріалу на деталь

Для виготовлення вала 15 використовуємо сталь 45 ДСТУ 7809:2015, що обумовлено необхідністю даної деталі в зв'язку з особливістю її конструкції.

### 2. Обґрунтування призначення допусків та жорсткостей на деталь

Оскільки дана деталь не потребує ніяких особливих вимог відносно умов роботи то виходячи з цього на поверхні деталі не призначаємо ніяких високих

допусків, а лише на поверхні, які контактують з втулками 6, 12 і 9 допуск по Н7 з шорсткістю Ra0,8, а на базову торцеву поверхню призначаємо шорсткість Ra3,2. Радіальні отвори для штифтів обробляються з шорсткістю Ra0,8. Усі інші поверхні виготовляються по IT9 квалітету та шорсткості Ra3,2.

### 3 Обґрунтування допусків форми

Встановлюємо позиційний допуск на поверхню під гвинти для кріплення шпонок в процентному відношенні від розмірного допуску – 60%(0,4), на плоску поверхню встановлюємо допуск перпендикулярності (0,1) до вісі обертання. На базові отвори встановлюємо допуск циліндричності (0,02).

На всі інші поверхні допуски форми не регламентуємо оскільки дані поверхні є невимогливі.

Таблиця 1.1 - Технічні умови на деталь "вал" та методи забезпечення контролю

Технічні умови	Методи досягнення	Методи
Всі лінійні розміри і неточні діаметральні розміри.	За рахунок настройки верстату на розмір, (програмування)	ШЦ-I ГОСТ 166-80 ц.д.=0,1 д.из.=400
Точні діаметральні розміри	Багатопрхідна обробка, а також шліфування або тонке точіння	Мікрометр важільний МР ГОСТ 4381- 80 Ц.д.=0,02 д.зим.=0-25
Шорсткість	Багатопрхідна обробка, оптимальні режими різання	Профілометр модель 283 ГОСТ 19300-73
Відхилення форми	Використання люнету	Індикатор ИЧ ГОСТ 868-82

### 1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі

#### 1. Якісний аналіз

Деталь Вал ВП.22 відноситься до класу гладких валів і вона в основному утворена поверхнями простої форми, недоліком є його досить велика довжина при невеликому діаметрі. З точки зору номенклатури поверхонь, кількість циліндричних поверхонь зведена до максимуму, а шпонкові канавки – стандартизовані. В цілому деталь є дуже проста і не вимагає ніяких складних пристроїв чи верстатів для її виготовлення. Служить для передачі обертового руху від електродвигуна до робочих органів машини.

При обробці на токарному верстаті для збільшення точності обробки і зменшення похибок розташування форми поверхонь, виконуються як основна база центрові отвори. Досягнення вказаних розмірів можливо без використання спеціальних методів обробки.

Конструкція деталі дозволяє оброблювати її прохідними різцями.

Таблиця 1.2 - Хімічний склад сталі 45 ДСТУ 7809:2015в %

C	Si	P	S	Gr	Ni	Cu
		Не більше		Не більше		
0.42	0.2	0,04	0,045	0,30	0,30	0,30
0.50	0.52					

Таблиця 1.3 - Механічні властивості сталі 45 ДСТУ 7809:2015

Межа текучості: МПа	Тимчасовий опір розриву: МПа	Відносне подовження: %	Відносне звуження: %	НВ
Не менше				
360	610	16	20	241

2 Кількісний аналіз. [7].

Коефіцієнт точності.

$$K_{Tч} = 1 - \frac{1}{T_{CP}},$$

$$T_{CP} = \frac{\sum T \cdot n_I}{\sum n_I} = \frac{4 \times 14 + 5 \times 12 + 7 \times 9 + 3 \times 7}{19} = 10,11.$$

де  $T$  – клас точності обробки;

$n_I$  – кількість розмірів відповідного класу точності.

$$K_{Tч.} = 1 - \frac{1}{10,11} = 0,9.$$

Деталь по коефіцієнту точності є досить технологічною, так як  $K_{Tч.} \approx 1$ .

Коефіцієнт шорсткості.

$$K_{Ш} = \frac{1}{Ш_{CP}},$$

$$Ш_{CP.} = \frac{\sum Ш \cdot n_{IM}}{\sum n_{IM}} = \frac{4 \times 6,3 + 5 \times 6,3 + 7 \times 1,6 + 3 \times 1,6}{19} = 3,83 \text{ мкм.}$$

де  $Ш$  – клас шорсткості поверхні;

$n_I$  – кількість поверхонь відповідного класу шорсткості.

$$K_{Ш} = \frac{1}{3,83} = 0,26.$$

Так як  $K_{Ш}$  досить низький то можна сказати, що деталь по  $K_{Ш}$  є досить технологічна.

#### 1.4 Визначення типу і організаційної форми виробництва

Тип виробництва по ГОСТ 3.1119-83 характеризується коефіцієнтом закріплення операцій  $K_{з.о}$ :

$$K_{з.о.} = \frac{O}{P},$$

де  $O$  - кількість операцій;

$P$  - кількість робочих місць з різноманітними операціями.

Штучний калькуляційний час на кожну операцію визначаємо за формулами.

1. Фрезерно-центрувальна.

1. фрезерувати одночасно два торці

$$T_{шт-к1} = 0,415хв.$$

2. Центрувати два торці одночасно

$$T_{шт-к2} = 0,21хв.$$

Штучно-калькуляційний час

$$T_{шт.к} = T_{шт.к1} + T_{шт.к2} = 0,415 + 0,21 = 0,625хв.$$

2. Токарна

При обробці діаметру  $\varnothing 25$

$$T_{шт-к} = 0,17dl \cdot 10^{-3},$$

де  $d$  - діаметр;

$l$  - довжина обробки.

$$T_{шт-к} = 0,17dl \cdot 10^{-3} = 0,17 \cdot 27 \cdot 472 \cdot 10^{-3} = 2,166хв.$$

На обробку фасок:  $T_{шт-к} = 0,018хв.$

$$T_{шт-к} = 2,166 + 0,018 = 2,184хв.$$

3. Фрезерна

Фрезерування шпонкових пазів

$$T_1 = 9 \cdot l \cdot 10^{-3} = 9 \cdot 41 \cdot 10^{-3} = 0,369хв.$$

$$T_2 = 9 \cdot l \cdot 10^{-3} = 9 \cdot 68 \cdot 10^{-3} = 0,612 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{шт-к}} = 1,51 \cdot (0,369 + 0,612) = 1,48 \text{ хв.}$$

#### 4. Свердлувальна операція з ЧПК

Свердлування одного отвору  $\varnothing 6$  мм, одного отвору  $\varnothing 5$  мм і двох отворів  $\varnothing 4$

мм

$$T_1 = 0,52 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,52 \cdot 6 \cdot 25 \cdot 10^{-3} = 0,078 \text{ хв.}$$

$$T_2 = 0,078 \text{ хв.}$$

$$T_3 = 0,52 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,52 \cdot 5 \cdot 25 \cdot 10^{-3} = 0,065 \text{ хв.}$$

$$T_4 = 0,52 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,52 \cdot 4 \cdot 6 \cdot 10^{-3} = 0,012 \text{ хв.}$$

$$T_5 = 0,012 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{шт-к}} = 1,3 \cdot (0,078 + 0,078 + 0,065 + 0,012 + 0,012) = 0,318 \text{ хв.}$$

#### 5. Шліфувальна

Шліфування  $\varnothing 25$

$$T_1 = 0,15 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,15 \cdot 25 \cdot 130 \cdot 10^{-3} = 0,488 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{шт-к}} = 1,36 \cdot 0,488 = 0,664 \text{ хв.}$$

Визначення типу виробництва проводимо за формулою:

$$K_{\text{з.о.}} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{129,94}{7} = 18,56.$$

Оскільки  $10 < K_{\text{з.о.}} < 20$ , то тип виробництва середньо серійний з поточною формою організації робіт, тобто технологічне оснащення розташовується послідовно до операцій і робочих місць.

## 2 Технологічний розділ

### 2.1 Вибір заготовки і обґрунтування методу її отримання

Для аналізу приймаємо два методи отримання заготовок:

1. Заготовка – прокат;
2. Заготовка - штамповка на ГKM.

Розглянемо перший варіант-прокат.

Приймаємо прокат  $\varnothing 26\text{мм}$ ,  $L = 7000\text{мм}$ . (ГОСТ 2590-71).  $\rho = 7,81\text{г/см}^3$ .

Маса заготовки

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} \cdot L \cdot \rho = \frac{3,14 \cdot 2,6^2 \cdot 700}{4} \cdot 7,81 = 29011,18\text{г} = 29,01\text{кг}.$$

Витрати на заготовку з прокату (з розрахунку що з семи метрів буде виготовлено 14 деталей).

Визначаємо затрати на матеріал [3]:

$$M = QS - (Q - q) \frac{S_{\text{відход}}}{1000}; \quad (2.1)$$

де  $Q$  - маса заготовки кг.,

$S$  - ціна 1 кг матеріалу заготовки грн.,

$q$  - маса готової деталі кг.,

$S_{\text{відход}}$  - ціна 1т відх, грн

$S = 30000$  грн (1т);

$S_{\text{відход}} = 700$  грн (1т) ;

$q = 0,35$  кг.

$$M = 29,01 \cdot \frac{30000}{1000} - (29,01 - 0,35) \frac{700}{1000} = 850\text{грн}.$$

Ціна одної заготовки

$$S_{заготов} = \frac{850}{14} = 60,1 \text{ грн.}$$

Розглянемо другий варіант-штамповка.

Маса заготовки

$$Q = \frac{\Pi\rho}{4} \cdot (d_1^2 L_1 + d_2^2 L_2 + \dots + d_i^2 L_i), \quad (2.2)$$

$d_1, d_2 \dots d_i$  – діаметр ступенів валу

$L_1, L_2 \dots L_i$  – довжина  $i$ -тої ступені валу

$$Q = \frac{7,81 \cdot 3,14}{4} \cdot (2,5^2 \cdot 47,2) = 1808,6 \text{ г} = 1,808 \text{ кг.}$$

Вартість заготовки:

$$S_{заг} = \left( \frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot k_T \cdot k_c \cdot k_v \cdot k_m \cdot k_n \right) \cdot (Q - q) \frac{S_{відход}}{1000} =$$

$$\left( \frac{37000}{1000} \cdot 1,808 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1,85 \cdot 1 \cdot 1 \right) \cdot (1,808 - 0,35) \frac{700}{1000} = 91 \text{ грн.}$$

$C_i = 37000$  – базова вартість 1т заготовок, грн.

$k_T = 1$  – коеф. залежить від класу точності,

$k_c = 0,75$  – коеф. залежить від групи складності,

$k_v = 1,85$  – коеф. який враховує масу штамповки,

$k_m = 1$  – коеф. залежить від марки сталі,

$k_n = 1$  – коеф. який враховує об'єм заготовок.

Вартість заготовки при другому варіанті більша  $S_{заг.} = 0,899 < S_{заг.} = 0,259$  ніж при першому варіанті.

Економічна ефективність:

$$E = \frac{S_{заг}^{\Pi} - S_{заг}^3}{N^{-1}} = \frac{91 - 60,1}{21000^{-1}} = 648900 \text{ грн.}$$

По проведеним розрахунках більш доцільно використовувати перший метод отримання заготовки з прокату.

## 2.2 Вибір технологічних баз

Вибір технологічних баз – відповідальний етап проектування технологічного процесу пов'язаного з побудовою маршруту обробки заготовки.

Основні принципи які бажано виконувати при виборі баз:

1. Принцип суміщення баз;
2. Принцип постійності баз;
3. Забезпечення стійкості і надійності установок заготовок.

Призначення баз при фрезерно-центрувальній операції: заготовка встановлюється на призматичні опори і затискається пневмозатискачами. Зміщення вздовж осі контролюється рухомими (тільки поперек осі) опорами.

При токарній обробці: закріплення в центрах.

При фрезерній обробці шпонкових пазів: встановлення в призмах з упором в лівий торець і одиночним затиском.

При свердлильній операції з ЧПК: встановлення на призматичні опори і затискається пневмозатискачами.

Для шліфувальної операції циліндричних поверхонь: виконується принцип базування аналогічний при токарній обробці.

## 2.3 Встановлення планів обробки окремих поверхонь

Маршрут обробки окремих поверхонь встановлюємо виходячи з вимог робочого креслення і прийнятої заготовки.

Вибір методів обробки виконується на основі на основі таблиць [7] з такою послідовністю:

1. Вибираємо метод обробки на першій операції (переході) в залежності від способу отримання заготовки і її точності;

2.Визначаємо методи кінцевої обробки поверхні на останньому переході (операції) в залежності від вимог по точності поверхні, що розглядається;

3.Назначаємо методи обробки поверхні на проміжних переходах (операціях) на основі вже вибраних першого і останнього методів обробки.

Зводимо визначену послідовність обробки поверхонь до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Плани обробки окремих поверхонь

№ пов.	Квалітет точності	Шорсткість	План обробки поверхні
1.Горець	12	6,3	фрезерувати
2.Фаска	12	6,3	Чорнове точіння
3.Циліндрична поверхня	12	6,3	Чорнове точіння
4. Циліндрична поверхня	7	1,6	Чорнове точіння Чистове точіння Шліфування начисто
5. Шпонкові пази	9	3,2	Фрезерувати
6.Отвір	12	6,3	Свердлування
7.Отвір різьбовий	6	0,8	Свердлування Нарізання різьби

#### **2.4 Вибір варіанта технологічного маршруту та його техніко-економічне обґрунтувань**

Ціль розробки – дати загальний план обробки заготовки, намітити зміст операцій технологічного процесу, вибрати тип обладнання. На основі приведених

планів обробки окремих поверхонь визначаємо маршрут обробки деталей в цілому, з врахуванням необхідної послідовності обробки [1,5].

1. обробляються поверхні, прийняті як технологічні бази;
2. поверхні, які визначають габаритні розміри і контур деталі;
3. поверхні деталі в послідовності оберненій їх точності;
4. обробка основних поверхонь на стадії чистової обробки.

Для визначення найбільш раціонального варіанту технологічного маршруту проводимо техніко-економічне порівняння операцій. Критерієм є мінімум приведених затрат на одиницю продукцію продукції [5].

Погодинні приведені затрати можна визначити за формулою:

$$C_{n3} = C_3 + C_{чз} + E_n (K_c + K_3), \quad (2.3)$$

де  $C_3$  – основна і додаткова зарплата з нарахуванням, коп./год.;

$C_{чз}$  – погодинні витрати по експлуатації робочого місця, коп./год.

$E_n$  – нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень  $E_n = 0,15$ ;

$K_c, K_3$  - питома погодинне капіталовкладення відповідно у верстат і будівлю.

$$C_3 = EC_{тф} \cdot k \cdot y, \quad (2.4)$$

де  $E$  – коефіцієнт, який враховує додаткову зарплату  $E = 1,53$ ;

$C_{тф}$  – погодинна тарифна ставка верстатника відповідного розряду, коп./год/

$K$  – коефіцієнт, який враховує зарплату налагоджувальника;

$Y$  – коефіцієнт, який враховує оплату робітника при багатOVERстатному обслуговуванні.

$$C_{чз} = C_{чз}^{бн} \cdot k_m, \quad (2.5)$$

де  $C_{чз}^{бн}$  – практично часові витрати на базовому робочому місці, коп./год.;

$K_M$  – коефіцієнт, який показує в скільки збільшаться витрати даного верстату [5]  $C_{чз} = 36,3$  коп./год.;

$$K_C = \frac{Ц \cdot 100}{Fg \cdot \eta_3}, \quad (2.6)$$

де  $Ц$  – балансова вартість верстату, грн.;

$Fg$  – дійсний річний фонд часу роботи верстату, ч.;

$\eta_3$  – коефіцієнт загрузки верстату,  $\eta_3 = 0,8$ .

$$K_3 = \frac{F \cdot 78,4 \cdot 100}{Fg \cdot \eta_3}, \quad (2.7)$$

де  $F$  – виробнича площа яку займає верстат.

$$F = F \cdot K_f, \quad (2.8)$$

де  $f$  – площа верстату в плані, м<sup>2</sup>;

$K_f$  - коефіцієнт, додаткової площі.

Технологічна собівартість операції механічної обробки (коп./год)

$$C_0 = \frac{C_{нз} \cdot T_{шт-к}}{60K_B}, \quad (2.9)$$

де  $T_{шт-к}$  – штучно-калькуляційний час на операцію;

$K_B$  – коефіцієнт виконання норм  $K_B = 1,3$ .

Приведена річна економія, грн.

$$\mathcal{E}_2 = \frac{(C_0^1 - C_0^2)N}{100}, \quad (2.10)$$

де  $C_0^1$  и  $C_0^2$  – технологічна собівартість порівняльних варіантів операцій.

Перший варіант – обробка на токарно-гвинторізному верстаті 16К20.

$$Ц = 5450 \cdot 1,1 = 5995 \text{ грн.}$$

$$f = 2,98 \cdot 1,1 = 3,28 \text{ м}^2.$$

$$T_{\text{шт-к}} = 5,77 \text{ хв.}$$

$\nu$ - розряд робіт,  $E_H = 0,15$ .

$$k_M = 1,6$$

$$\alpha = 0,3$$

$$C_3 = 1,53 \cdot 75,4 \cdot 1 \cdot 1 = 115,36 \text{ коп./год.}$$

$$K_C = \frac{5995 \cdot 100}{4029 \cdot 0,8} = 198,39 \text{ коп / год};$$

$$K_3 = \frac{8 \cdot 78,4 \cdot 100}{4029 \cdot 0,75} = 20,76 \text{ коп / год};$$

$$C_{n3} = 115,36 + 36,3 + 0,15(198,39 + 20,78) = 184,53 \text{ коп / год};$$

$$C_0^1 = \frac{184,53 \cdot 5,77}{60 \cdot 1,3} = 13,65 \text{ коп.}$$

Другий варіант-обробка на токарно-гвинторізному верстаті 16К20Ф3.

$$Ц = 21800 \cdot 1,1 = 23980 \text{ грн.}$$

$$f = 8,7 \cdot 1,1 = 17,4 \text{ м}^2.$$

$$T_{\text{шт-к}} = 5,77 \text{ хв.}$$

$$k_M = 1,6$$

$$\alpha = 0,3$$

$$C_3 = 1,53 \cdot 67 \cdot 1 \cdot 0,65 = 61,51 \text{ коп./год.}$$

$$K_C = \frac{5995 \cdot 100}{4029 \cdot 0,8} = 198,39 \text{ коп / год};$$

$$K_3 = \frac{23980 \cdot 100}{4029 \cdot 0,75} = 793,5 \text{ коп / год};$$

$$C_{нз} = 61,51 + 36,3 + 0,15(793,5 + 23,8) = 220,405 \text{ коп./год};$$

$$C_0^2 = \frac{220,405 \cdot 5,77}{60 \cdot 1,3} = 16,3 \text{ коп.}$$

$$\Xi = \frac{(16,3 - 13,65) \cdot 21000}{100} = 556,5 \text{ грн};$$

На основі проведених розрахунків приймаємо 1-й варіант обробки. Плануємо маршрут обробки в виді таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Технологічний маршрут деталі вал ВП.22

Найменування і короткий зміст операції	Ріжучий інструмент	Обладнання
1	2	3
005. Фрезерно-центрувальна 1.фрезерувати два торці одночасно 2.центрувати одночасно два торці	Фреза торцева D = 50, Z = 6 ГОСТ 24359-80 Свердло центровочне тип А, Ø4 мм ГОСТ 14952-75	МР-77
010Токарна: 1.Точити Ø26 - начорно - начисто 2.Точити фаски	Різець токарний прохідний Т15К6, φ = 45° ГОСТ 1878-73	16К20
015 Фрезерна 1.фрезерувати паз 1 1.фрезерувати паз 2	Шпонкова фреза D = 5, Z = 4, матеріал-Р6М5 ГОСТ 9140-78	6Д91

Закінчення табл. 2.2.

1	2	3
020 Свердлувальна з ЧПК - центрувати 5 отворів - свердли́ти отвір $\varnothing 6$ мм - свердли́ти 2 отвори $\varnothing 5$ мм - свердли́ти 2 отвори $\varnothing 4$ мм	Свердло спіральне Р6М5 $\varnothing 10$ мм ГОСТ 12122-77 Свердло спіральне Р6М5 $\varnothing 6$ мм ГОСТ 12122-77 Свердло спіральне Р6М5 $\varnothing 5$ мм ГОСТ 12122-77 Свердло спіральне Р6М5 $\varnothing 4$ мм ГОСТ 12122-77	2Р135Ф2
025 Шліфувальна: 1. шліфувати поверхні під втулки - начисто	Шліфувальний круг 2-х стор. ПП12А250НА 65 x 16 x 16 35 М/С	3Б153Т

## 2.5 Розрахунок припусків

Розрахунково-аналітичний спосіб визначення припусків на обробку.

Вибираємо дві різнотипні поверхні на деталі (зовнішнє точіння  $\varnothing 26h12$ , підрізка торця в розмір  $l = 472h12$ ).

Складаємо маршрут обробки для вибраної поверхні, порядок переходів до потрібної шорсткості (класу чистоти поверхні) яка вказана на кресленні деталі.

Виберемо формулу для розрахунку припуску на механічну обробку для вибраної поверхні.

Таблиця 2.3 - Розрахунок припусків і граничних розмірів на обробку  $\varnothing 26h12$ 

Технологічні переходи обробки елементарних поверхонь	Елементи Припусків, Мкм			Розрах. Припуск $2Z_{міп}$ , мкм	Розрах. Розмір, мм	Допуск мкм	Граничні Розміри Заготовки Мм		Граничні Значення Припусків, Мкм	
	Rz	T	$\rho$				dmin	dmax	$2z_{min}$	$2z_{max}$
Прокат Точіння: 1.Чорнове	160	250	360		27,3	2000	26	27	-	-
	63 21,6		60	2·770	25,79	210	25,7 9	27,3	210	1000

де  $Rz, Ra$  – Шорсткість поверхні, мкм

$T$  – глибина пошкодженого поверхневого слою, мкм

$P$  – відхилення форми

$Z$  – припуск на обробку

$E$  – похибка установки.

$$Rz = 160; T = 250 [6];$$

$$Rz = 63; T = 60 [6];$$

$$\rho = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{ц}^2} \quad (2.11)$$

$$\rho_{ц} = 0,25\sqrt{T^2 + 1} = 0,36\text{мм};$$

$$\rho_{кор} = \Delta_{к} \cdot l \quad (2.12)$$

$$\Delta_{кор.} = 0,12\text{мм.} [6];$$

$$\Delta_{кор.} = 0,12 \cdot 25 = 0,025\text{мм.};$$

$$\rho = \sqrt{0,025^2 + 0,36^2} = 0,36\text{мм};$$

$$\rho_{осм} = K_y \cdot P \quad (2.13)$$

$$\rho_{осм1} = 0,06 \cdot 360 = 21,6\text{мкм};$$

$$2Z_{\min} = 2(K_{zi-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1}) \quad (2.14)$$

$$2Z_{\min} = 2(160 + 250 + 360) = 2 \cdot 770 \text{ мкм}$$

Розрахунковий мінімальний розмір

$$d_l = 25,79 \text{ мм};$$

$$d = 25,79 + 2 \cdot 770 = 27,3$$

$$d_{\max} = d_{\min i} + T d_i \quad (2.15)$$

$$d_{\max} = 26 + 1 = 27$$

$$d_{\max 1} = 25,79 + 0,21 = 26 \text{ мм.}$$

$$2Z_{\max i} = d_{\max i-1} - d_{\max i} \quad (2.16)$$

$$2Z_{\max i} = 27 - 26 = 1000 \text{ мкм}$$

$$2Z_{\min i} = d_{\min i-1} - d_{\min i} \quad (2.17)$$

$$2Z_{\min i} = 26 - 25,79 = 210 \text{ мкм}$$

Таблиця 2.4 - Розрахунок припусків і граничних розмірів на обробку 472h12

Технологічні переходи обробки елементарних поверхонь	Елементи Припусків, мкм			Розрах. Припуск $2Z_{\text{міп}}$ , мкм	Розрах. Розмір, мм	Допуск мкм	Граничні Розміри Заготовки Мм		Граничні Значення Припусків, Мкм	
	Rz						$l_{\min}$	$l_{\max}$	$Z_{\min}$	$Z_{\max}$
Прокат	200	1880		-	477	2000	477	476,6	-	
Фрезерув.:										
1. Чорнове	50	50	1000	2•2020	475,6	1600	475,6	474,6	4000	2400
2. Чистове	32	30	600	2•1100	471,6	1300	471,6	472,9	3000	2600

$$Rz = 50; T = 50.$$

$$Rz = 32; T = 30; Rz + T = 200.$$

$$\rho = \sqrt{\rho_{kop}^2 + \rho_u^2} \quad (2.18)$$

$$\rho = \sqrt{(\Delta_k \cdot D)^2 + (0,25\sqrt{T^2 + 1})^2} = \sqrt{1,8^2 + (0,25\sqrt{2^2 + 1})^2} = 1,88 \text{ мм};$$

$$\rho_{ocm1} = 1,2[0,06 \cdot \rho_k + 0,12 \cdot R] \quad [6]$$

$$\rho_{ocm2} = 0,003\rho_k + 0,1R$$

де  $\rho_{kop} = \Delta_k \cdot 2R = 1,8$

$$\rho_{ocm1} = 1,2[0,06 \cdot 1,8 + 0,12 \cdot 6] = 1$$

$$\rho_{ocm2} = 0,003 \cdot 1,8 + 0,1 \cdot 6 = 0,6 \text{ мкм}$$

де  $\rho_{kop} = \Delta_k \cdot 2R = 1,8$

$$Z_{min} = 2(K_{zi-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1}) \quad (2.19)$$

$$Z_{min1} = 2(200 + 1880) = 2 \cdot 2020 \text{ мкм}$$

$$Z_{min2} = 2(50 + 50 + 1000) = 2 \cdot 1100 \text{ мкм}$$

Розрахунковий мінімальний розмір.

$$l_{min2} = 471,6 \text{ мм};$$

$$l_{min1} = 471,6 + 4 = 475,6 \text{ мм}$$

$$l_{min} = 475,6 + 1,4 = 477 \text{ мм}$$

$$l_{max} = l_{mini} + l_{maxi} \quad (2.20)$$

$$l_{max2} = 471,6 + 1,3 = 472,9 \text{ мм}$$

$$l_{max1} = 473 + 1,6 = 474,6 \text{ мм}$$

$$l_{max} = 474,6 + 2 = 476,6 \text{ мм}$$

$$2Z_{maxi} = l_{maxi-1} - l_{maxi} \quad (2.21)$$

$$2Z \max 2 = 474,6 - 472 = 2,6 \text{ мм}$$

$$2Z \max 1 = 477 - 474,6 = 2,4 \text{ мм}$$

$$2Z \min i = d_{\min i-1} - d_{\min i} \quad (2.22)$$

$$2Z \min 2 = 474,6 - 471,6 = 300 \text{ мкм}$$

$$2Z \min 1 = 477 - 473 = 400 \text{ мкм}$$

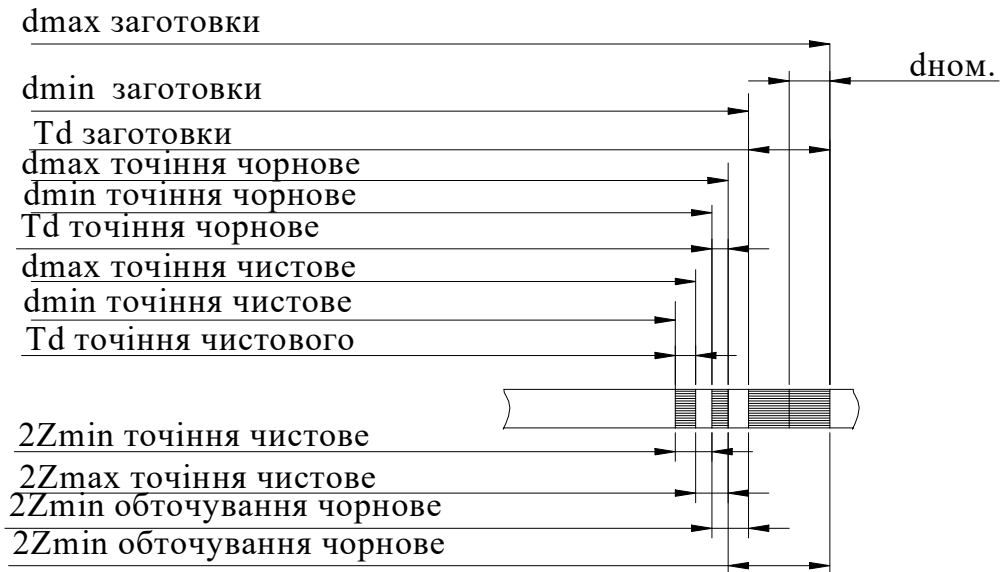


Рис. 2.1 - Схема розташування полів припусків і допусків

## 2.6 Розробка технологічних операцій механічної обробки

Для виконання технологічних операцій проводимо вибір технологічного устаткування згідно габаритів деталі, різальний та вимірювальний інструмент і пристрої.

Розробку технологічних операцій механічної обробки зводимо в таблицю 2.5.

Таблиця 2.5 - Операції механічної обробки

№	Маршрут обробки	верстат	інструмент		пристр ої
			різальний	онтроль ний	
1	2	3	4	5	6
003	заготівельна				
005	фрезерно- центрувальна 1.підрізати торці 1 одночасно 2.центрувати одночасно два торці	MP77	торцева фреза d=50 ГОСТ24359- 80 т15к6 свердло центровочне тип а ГОСТ 14952-75 р6м5	штанген- цикуль шц-400- 0,1 ГОСТ 166-80	пристр ій спеціал ьний верстат ний
010	Токарна Точити поверхню Ø26 Начорно Точити поверхню Ø26 Начисто Точити Фаску 2 x 45°	16K20	Різець збірний контурний з механічним Кріпленням з твердого сплаву т15к6 ГОСТ 20872-80, Державка- сталь 40х ГОСТ 4543- 71	Штанген- цикуль Шц400- 0,1 ГОСТ 166-80 Мікrome тр гладкий мк150- 175-0,01 ГОСТ 6507-78	Патрон ГОСТ 2675- 80

Продовження табл. 2.5

1	2	3	4	5	6
015	Фрезерна 1. Фрезерування шпонкового пазу 1 2. Фрезерування шпонкового пазу 2	6Д91	Шпонкова фреза D=6, т15к6	Штангенциркуль Шц-і-125-0,1 ГОСТ 166-80	Пристрій спеціальний верстатний
020	Свердлувальна ЧПК 1.центрування 5-ти отворів 2.свердлити отвір Ø 6 мм 3.свердлити отвори Ø 5 мм 4.свердлити отвори Ø 4 мм	2Р135 Ф2	Свердло спіральне ø6 з швидкорізальної сталі р6м5 з конічним хвостовиком ГОСТ 10903-77	Калібр пробка ГОСТ 17764-72	Пристрій спеціальний верстатний
025	Шліфувальна 1.чорнове шліфування поверхні Ø 26 мм 2.чистове шліфування поверхні Ø 26 мм	36153Т	круг шліфувальний пп200х40х16 12а25на ГОСТ24747-81	мікрометр гладкий мк 150-175-0,01 ГОСТ 6507-78 набір зразків для визначення шорсткості ГОСТ 3565-72	патрон гост 2675-80 ділиль на головки а

Закінчення табл.2.5

030	контрольна	стіл Втк		штанген-циркуль шц-400-0,1 ГОСТ 166-80 штанген-циркуль шц-125-0,1 ГОСТ 166-80 мікрометр гладкий 150-175-0,01	стіл ВТК
-----	------------	-------------	--	--	-------------

## 2.7 Призначення режимів різання

### 2.7.1 Аналітичним методом

1. Наружнє точіння  $\varnothing 26h7$

2. Станок моделі 16К20

3. Різець збірний контурний з механічним кріпленням з твердого сплаву Т15К6, державка - сталь 40Х [10]

4. Режими різання.

4.1 Глибина різання 
$$t = \frac{27 - 26}{2} = 0,5 \text{ мм}$$

4.2 Вибір подачі 
$$S_{\text{маб}} = 0,3 - 0,4 \text{ мм / об}$$

4.3 Корекція подачі по паспорту верстату 
$$S_{\text{маб}} = 0,35 \text{ мм / об}$$

4.4 Період стійкості інструменту  $T = 60$  хв.

4.5 Розрахунок нормативної швидкості різання [1,8].

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_v, \quad (2.23)$$

де  $C_v$ ,  $m$ ,  $x$ ,  $y$  – зміні параметри;  $C_v = 292$ ,  $x = 0.15$ ,  $y = 0.2$ ;  $m = 0.2$ ;

$T$  – стійкість різця,  $T = 60$  хв.

$K_v$  – поправочний коефіцієнт

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{nv} \cdot K_\phi \cdot K_r, \quad (2.24)$$

де  $K_{nv}$  – коефіцієнт, що враховує вплив стану поверхні деталі,  $K_{nv} = 1$

$K_{uv}$  – коефіцієнт, що враховує вплив інструмента,  $K_{uv} = 1$

$K_{mv}$  – коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу заготовки

$$K_{mv} = \left( \frac{190}{HB} \right)^{n_v}, \quad (2.25)$$

де  $n_v$  – коефіцієнти;  $n_v = 2,14$

$K_{uv} = 1$ ;  $K_{nv} = 0,9$ ;  $K_\phi = 0,7$ ;  $K_r = 0,94$ ;

$$K_{mv} = K_r \left( \frac{750}{\sigma_s} \right)^{n_v} = \left( \frac{750}{598} \right)^{2,14} = 1,62,$$

$$K_v = 1.62 \cdot 1 \cdot 0.9 \cdot 0.7 \cdot 1,1 \cdot 0.94 = 1,055;$$

$$v = \frac{350}{60^{0.2} \cdot 2^{0.15} \cdot 0.35^{0.35}} \cdot 1,055 = 98,9 \text{ м/хв.}$$

4.6 Частота обертання шпинделя визначається за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 98,9}{3.14 \cdot 30} = 1049,89 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо за паспортом верстату  $n_g = 630 \text{ об/хв.}$

4.7 Розрахунок дійсної швидкості різання визначається за формулою:

$$V_g = \frac{\pi \cdot d \cdot n_g}{1000} = \frac{3,14 \cdot 26 \cdot 630}{1000} = 51,4 \text{ м/хв.}$$

4.8 Дійсний період стійкості визначається за формулою:

$$T_g = \left( \frac{C_v}{V_g \cdot t^x \cdot S^g} \right)^{\frac{1}{m}} = \left( \frac{350}{45,6 \cdot 1,1^{0,75} \cdot 0,35^{0,35}} \right)^{\frac{1}{0,2}} = 2484 \text{ хв}$$

4.9 Розрахунок сил різання визначається за формулою:

$$P_z = 10 \cdot C_{pz} \cdot t^{xp} \cdot S^{yp} \cdot V_g^{np} \cdot K_{pz}, \quad (2.26)$$

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{fp} \cdot K_{jp} \cdot K_{lp} \cdot K_{rp} = 0,89 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,93$$

$$C_{pz} = 300, \quad X_p = 1, \quad y_p = 0,75, \quad Pr = -0,15$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1,5^1 \cdot 0,35^{-0,15} \cdot 45,6^{-0,15} \cdot 0,91 = 1446,5,$$

де  $K_{fp}$ ,  $K_{jp}$ ,  $K_{lp}$ ,  $K_{rp}$  – коефіцієнти, що враховують якість обробленої поверхні,

$$K_{fp} = 0,94, K_{rp} = 1, K_{lp} = 1;$$

$K_{mp}$  – коефіцієнт, що враховує якість обробленої поверхні,

4.10 Потужність різання визначається за формулою:

$$N_p = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1446,5 \cdot 51,4}{1020 \cdot 60} = 1,21 \text{ кВт.},$$

4.11 Перевірка можливості реалізації різних режимів різання по потужності:

$$N_{шп} \leq N_{дв} \cdot \eta \quad (2.27)$$

$$1,21 \leq 8 \text{ кВт}$$

Робимо висновок, що обробка на даному верстаті можлива.

4.12 Час обробки визначається за формулою: 
$$t = \frac{(L + \Delta + Y) \cdot i}{S_0 \cdot n},$$

де  $\Delta$  – величина врізання,  $\Delta = 2$  мм.

$Y$  – величина перебігу,  $Y = 3.5$  мм.

$L$  – довжина обробки,  $L = 18$  мм.

$i$  – кількість переходів,  $i = 1$

$$t = \frac{(41,4 + 1,5 + 3,5) \cdot 1}{0,35 \cdot 630} = 0,21 \text{ хв.}$$

## 2.8 Вибір режимів різання на інші операції (переходи) по таблицям нормативів

Усі інші режими розраховуються табличним методом і результати зводяться в таблицю 2.6.

Таблиця 2.6 - Розрахунок режимів різання

Назва переходу	t, мм.	S, мм/хв	V, м/хв.	n, об/хв.	T, хв.
1	2	3	4	5	6
005.Фрезерно-центрувальна					
1. фрезерувати два торці одночасно	2,5	0,1	23,8	320	0,14
2.центтрувати одночасно два торці	3	0,05	19,2	205	0,3
010 Токарна:					
1.Точити пов. $\varnothing 26$ - Чорнове точіння	1,1	0,3	98,9	250	1,5
2.Точити пов. 5 - Чистове точіння	0,5 1	0,2 0,2	105 49,3	250 250	0,72 0,1
3.Точити пов. 12					

Закінчення табл. 2.6

1	2	3	4	5	6
015 Фрезерна					
1.фрезерувати шпонковий паз 34 мм	2	100	26,1	500	0,7
2.фрезерувати шпонковий паз 68 мм	2,5	100	18,6	500	1,1
020 Свердлувальна з ЧПК	0,5	0,2	18,1	450	0,48
1. центрувати 5 отворів.	3	0,3	21,3	560	0,53
2. свердлити отвір $\varnothing$ 6	2,5	0,3	21,3	560	0,51
3. свердлити 2 отвори $\varnothing$ 5.	2	0,3	21,3	560	0,38
4. свердлити 2 отвори $\varnothing$ 4.					
025 Шліфувальна:					
1. шліфувати пов. $\varnothing$ 26 - начисто	0,05	0,1	30	1590	0,14

## 2.9 Технічне нормування операцій

Одна операція, а саме 010 розраховується і приводиться в записці, а інші розраховуються і результати заносимо у таблицю 2.7.

В серійному виробництві визначається норма штучно-калькуляційного часу,  $T_{ш-к}$ . [11]

$$T_{ш.к.} = \left( \frac{T_{п.з.}}{n} \right) + T_{ш.т.}, \quad (2.28)$$

$$T_{шт.} = T_o + T_\delta + T_{об} + T_{від} \quad (2.29)$$

де  $T_{шт.}$  – штучний час обробки деталі, хв.

$T_{п.з.}$  – підготовчо-заклучний час на обробку, хв.

$n$  – кількість деталей в налагоджуємії партії

$T_o$  – основний час обробки, хв.

$T_\delta$  – допоміжний час обробки, хв.

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

$T_{від}$  – час відпочинку, хв.

$$T_o = 0.27 \text{ хв.}$$

$$T_\delta = T_{вст} + T_{кер} + T_{вим} \quad (2.30)$$

де  $T_{вст}$  – час встановлення та зняття деталі, хв.

$T_{кер}$  – час на керування верстатом, хв.

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

$$T_{вст} = 0,063 \text{ хв.}, [6];$$

$$T_{кер} = (0,063 + 0,18 + 0,01 + 0,07) \cdot 1,5 = 0,48 \text{ хв.}, [6];$$

$$T_{вим} = 0,07 \text{ хв.} [6].$$

$$T_\delta = 0,063 + 0,01 + 0,07 = 0,143 \text{ хв.}$$

де  $T_{об.від}$  – норматив часу на обслуговування робочого місця, відпочинок та природні потреби

$$P_{об.вид} = 7 \%,$$

$$P_{об.вид} = 0,75 \cdot 0,07 = 0,05;$$

$$T_{шт.} = 0,27 + 0,28 + 0,05 = 0,6 \text{ хв.}$$

$$T_{н.з.} = 10 \text{ хв.},$$

$$n = \frac{N \cdot a}{254}, \quad (2.31)$$

де  $a$  – періодичність запуску деталей,  $a = 12$  днів.

$$n = \frac{18000 \cdot 12}{254} = 850.$$

Виконуємо корегування, яке полягає в визначенні числа змін та партій деталей за зміну.

$$C = \frac{T_{шт.г.} \cdot n_P}{476 \cdot 0,8} = \frac{0,6 \cdot 850}{476 \cdot 0,8} = 1,34.$$

Приймаємо  $C_{пр} = 2$  зміни.

$$n_{пр.} = \frac{476 \cdot 0,8 \cdot C_{пр.}}{T_{шт.}} = \frac{476 \cdot 0,8 \cdot 2}{0,6} = 1269,3.$$

Тоді

$$T_{шт.к.} = \frac{10}{355} + 0,27 + (0,063 + 0,18 + 0,01 + 0,07)1,5 + 0,05 = 0,563 \text{ хв.}$$

Для інших операцій проводимо аналогічні розрахунки і зводимо їх у таблицю 2.7.

Таблиця 2.7 - Норми часу на операції

№	To	Твст	Ткер	Твим	Топ	Тоб	Тшт	Тп.з	Тшт.к
005	0,27	0,063	0,01	0,07	0,75	0,1	0,66	10	0,82
010	5,77	0,085	0,05	0,07	5,96	0,36	6,2	9	6,5
015	0,58	0,448	0,09	0,17	1,64	0,02	1,66	16	1,69
020	0,12	0,448	0,26	0,07	1,17	0,012	1,0	9	1,24
025	2,43	0,243	0,05	0,12	0,62	0,012	3,07	8	1,11

## 2.10 Оформлення технологічної документації

У дипломній роботі для оформлення розроблених технологічних процесів використовуються наступні види технологічних документів загального і спеціального призначення за ДСТУ АБ.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.

Комплект документації наведено у додатках.

### 3 Конструкторський частина

#### 3.1 Проектування верстатного пристрою

Згідно із завданням викладача необхідно спроектувати пристрій для свердлування радіального отвору у деталі вал ВП.22.

##### 3.1.1 Вибір схеми базування та закріплення деталі

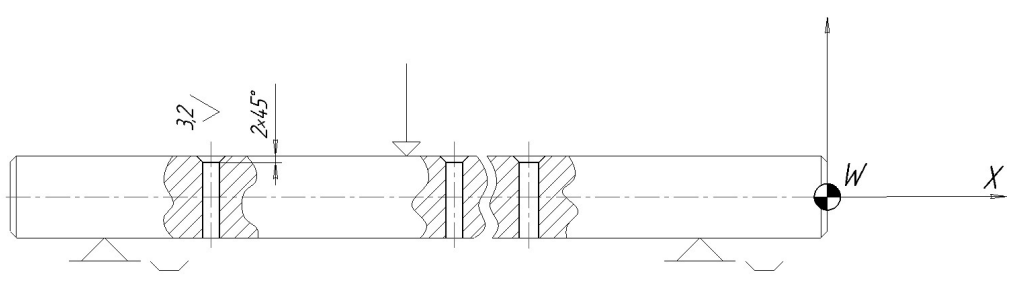


Рисунок 3.1 – Схема базування деталі

Деталь встановлюється на призматичні опори, які позбавляють її 4-рьох степенів вільності, до упору який позбавляє ще однієї степені вільності. Деталь притискається силою зверху затиском, яка позбавляє останньої степені вільності.

##### 3.1.2 Вибір установочних елементів пристрою

Деталь встановлюється на призматичні опори з кутами  $2\alpha = 90^\circ$  ГОСТ 12196-66 та переміщується до упору.

##### 3.1.3 Розрахунок точності обробки

Допустима похибка обробки [16]

$$\Delta_{\text{дон}} = T \cdot k \cdot w, \quad (3.1)$$

де  $T$  – допуск на відповідний розмір,  $T = 0.12$  мм.

$\kappa$  – поправочний коефіцієнт,  $\kappa = 1.2$

$w$  – похибка верстата,  $w = 0.02$  мм

Похибка установки деталі в пристрої

$$\varepsilon_y = \sqrt{\xi_\delta^2 + \xi_3^2 + \xi_{\text{пр}}^2}, \quad (3.2)$$

де  $\xi_\delta$  – похибка базування,

$$\xi_\delta = 0.5 \cdot T_d (1/\sin\alpha - 1) = 0.5 \cdot 0.12 (1/\sin 45 - 1) = 0.02 \text{ мм}$$

$\xi_3$  – похибка закріплення,  $\xi_3 = 0.012$  мм [15]

$\xi_{\text{пр}}$  – похибка пристрою,

$$\xi_{\text{пр}} = (1/4 \dots 1/10) T_d = (1/4 \dots 1/10) \cdot 0.3 = (0.075 \dots 0.03) \text{ мм.}$$

Приймаємо  $\xi_{\text{пр}} = 0.03$  мм.

$$\varepsilon_y = \sqrt{0.02^2 + 0.012^2 + 0.03^2} = 0.038 \text{ мм.}$$

$$\Delta_{\text{доп}} = 0.12 - 1.2 \cdot 0.02 = 0.096 \text{ мм.}$$

Так як  $\Delta_{\text{доп}} > \varepsilon_y$  то пристрій сконструйовано вірно.

### 3.1.4 Розрахунок сили закріплення деталі

Схема закріплення деталі представлена на рис. 3.2.

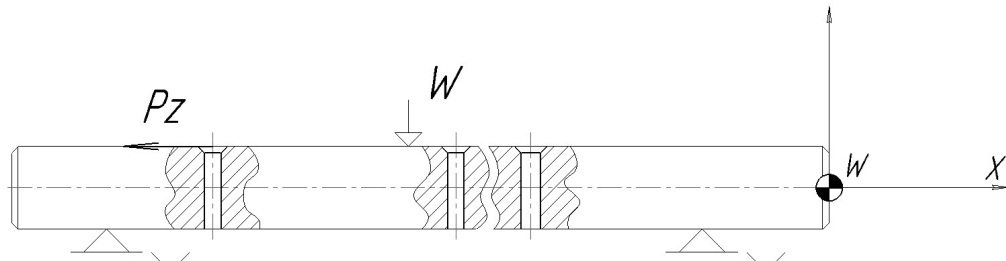


Рисунок 3.2 – Схема базування та закріплення деталі

Силі різання протидіють сили тертя на поверхнях призм та під затиском.

Силу  $P_z$  яка впливає на величину сили закріплення деталі визначимо з наступними коефіцієнтами та елементами режимів різання:

Подача  $S = 0,1$  мм/хв.;

Швидкість різання  $V_r = 23,8$  м/хв.;

Оберти шпинделя  $n = 320$  об/хв.

$$H = 43 \text{ мм}; h_1 = 35 \text{ мм}; l_1 = 37 \text{ мм}; l_2 = 117 \text{ мм}; r = 20 \text{ мм}.$$

Визначимо сили різання за формулою:

$$P_z = 10C_p D^q S^y K_p = 10 \cdot 68 \cdot 6^1 \cdot 0,1^{0,7} \cdot 0,844 = 6871H$$

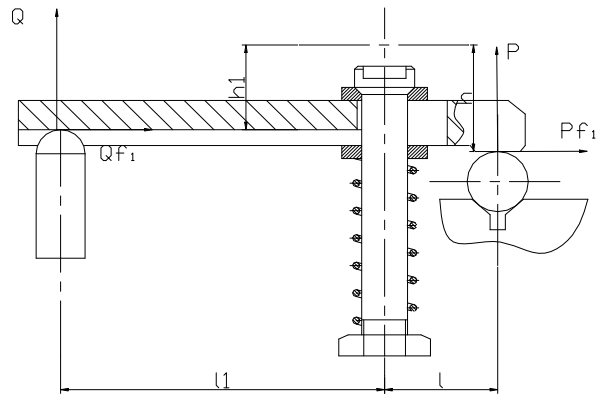


Рисунок 3.3 – Схема дії сил на заготовку та передавального механізму

$$W = P = Q \frac{l + hf + rf_0}{l - h_1 f_1 - rf_0} = 6871 \frac{37 + 43 + 20}{117 - 35 - 20} = 11082 \text{ Н}$$

Шток має тиснути на затиск не менш ніж 11082 Н.

Визначаємо коефіцієнт запасу [13].

$$K = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6, \quad (3.3)$$

$K_1 = 1,5$  – коеф. гарантованого запасу;

$K_0 = 1$  – коеф. враховує збільшення сил від виду обробки;

$K_2 = 1,2$  – коеф. враховує збільшення сил від зносу;

$K_3 = 1$  – коеф. враховує збільшення сил при перервному свердлуванні;

$K_4 = 1,3$  – характеризує постійність сил закріплення;

$K_5 = 1$  – характеризує ергономіку ЗМ;

$K_6 = 1$  – коеф. який враховує крутний момент.

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,3 = 2,34$$

Приймаємо  $K = 2,5$ ; Тоді дійсна сила закріплення дорівнює  $2,5 \cdot Q$ .

### 3.1.5 Розрахунок силового приводу пристрою

Визначення зусилля на штокові приводу.

Визначаємо величину сили  $Q$ , що діє на плече важеля. З умови рівноваги:

$$W_2 \cdot l_2 = Q \cdot l_1 \cdot \eta, \quad (3.4)$$

де  $\eta = 0,95$  – коефіцієнт корисної дії важільного механізму,  $L_1 = 105$  мм,  $L_2 = 35$  мм.

$$Q = \frac{W \cdot l_2}{l_1 \cdot \eta} = \frac{11082 \cdot 35}{105 \cdot 0,95} = 3694 \text{ Н}.$$

З урахуванням зворотної пружини  $q = 100$  Н сила на штокові  $Q = 3794$  Н.

Визначення розмірів пневмоциліндра.

Приймаємо розрахунковий тиск у гідроциліндрі  $p = 10$  МПа.

По прийнятій кінематичній схемі робочий тиск створюється у безштоковій порожнині. Тоді зусилля на штокові [13]:

$$Q = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot p, \quad (3.5)$$

де  $D$  – діаметр гідроциліндра, мм.

З формули 2.2 визначаємо:

$$D_{Ц} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot p}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 3794}{3,14 \cdot 10}} = 21 \text{ мм.}$$

Приймаємо з рекомендованого ряду діаметр пневмоциліндра  $D = 26$  мм, діаметр штока  $d_{ш} = 16$  мм, [13].

Визначення дійсного зусилля на штокові. Дійсне зусилля, що створює гідроциліндр з вибраними параметрами:

$$Q_{\partial} = \frac{\pi \cdot D_{Ц}^2}{4} \cdot p = \frac{\pi \cdot 28^2}{4} \cdot 10 = 6154 \text{ Н.}$$

### 3.1.6 Розрахунок елементів пристрою на міцність

В пристрої найбільші навантаження діють на болт на якому встановлено важіль, тому проводимо розрахунок його різьби на зріз за формулою [18]:

$$d_0 = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot [\tau_{зр}] \cdot n}} \quad (3.6)$$

де  $n = 1$  – число площини зрізу;

$[\tau_{зр}] = 100 \text{ МПа}$  – допустиме напруження на зріз.

Тоді

$$d_0 = \sqrt{\frac{4 \cdot 11082}{3,14 \cdot 100 \cdot 1}} = 11,8 \text{ мм}$$

По кресленню прийнято  $d_0 = 14,2 \text{ мм}$

Запас міцності  $K = \frac{14,2}{11,8} = 1,2$  рази.

### 3.1.7 Опис роботи пристрою

Пристрій збирається з базових елементів комплекту універсально збірних пристроїв.

Плита (УСП) ГОСТ14364-69 400x240. Призма  $2\alpha = 90^\circ$  ГОСТ12196-66

Пристрій призначений для кріплення його на стіл верстату, закріплення на ньому заготовки до послідувочої обробки на свердлувальному верстаті.

Пристрій має забезпечувати точність встановлювання і закріплення заготовки.

Пристрій працює наступним чином:

Плита кріпиться до столу верстату за рахунок кріпильних болтів. Попередньо до плити кріпляться: плити з призмами до однієї з призм кріпиться упор і затискний пристрій який складається з гвинту та притиску, до однієї призми кріпиться плита з кондукторною втулкою.

Заготовка встановлюється на призматичні опори до упору і затискається затискним механізмом наступним чином: деталь притискається одним кінцем прижиму який кріпиться на гвинті, а на інший кінець давить з відповідною силою шток гідроциліндру. Сам гідроциліндр кріпиться до плити через приварений кронштейн болтом. Після проведення обробки тиск в гідроциліндрі припиняється і прижим стає рухомим що дозволяє вивільнити заготовку.

Пристрій зручний при його зборці і установці і є досить простим в експлуатації та швидко може переналагоджуватись на інші деталі.

## **3.2 Проектування контрольного пристрою**

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

Пристрій призначений для контролю радіального биття.

Для вимірювання приймаємо індикатор часового типу ІЧ з ціною поділки 0,01 мм.

Похибка вимірювання 0,004 мм. ГОСТ 868-82.

### **3.2.2 Вибір схеми вимірювання заданого параметру**

Згідно з вимогами вибираємо схему контролю (рис.3.3).

Для вимірювання даної величини необхідно:

- встановити дану деталь в центрах;
- встановити ніжку індикатору для вимірювання так, щоб він торкався поверхні, що вимірюється та налагодити його на «0».

Схема зображена на рис.3.3.

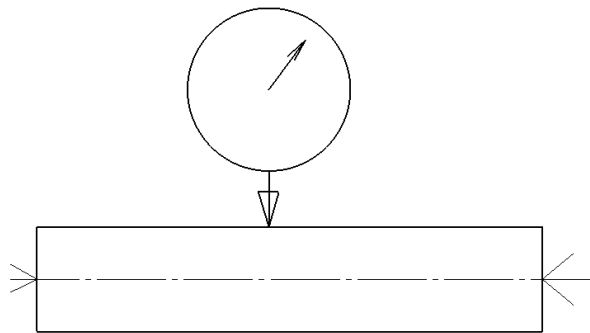


Рисунок 3.3. Схема вимірювання

### 3.2.3 Розрахунок пристрою на точність

Визначаємо точність вимірювання [15]:

$$\xi_{пр} = (1/3 \dots 1/10) T_{\delta}, \quad (3.7)$$

де  $T_{\delta}$  – допуск вимірювання,  $T_{\delta} = 0.02$  мм.

$$\varepsilon_y = \xi_{\delta}^2 + \xi_3^2 + \xi_{пр}^2, \quad (3.8)$$

де  $\xi_{\delta}$  – похибка базування,  $\xi_{\delta} = 0$  (базування в центрах).

$\xi_3$  – похибка закріплення,  $\xi_3 = 0$ .

$$\xi_{\text{пр}} = (1/3 \dots 1/10) T_d = (1/4 \dots 1/10) \cdot 0,02 = (0,006 \dots 0,002) \text{ мм.}$$

Приймаємо  $\xi_{\text{пр}} = 0,006 \text{ мм.}$

Згідно рекомендацій вибираємо:

$$\Delta_{\text{пр}} = \Delta_{\text{вим}} \cdot 0,5 = (0,01 \cdot 0,5) = 0,005 \text{ мм.}$$

$$\xi_{\text{пр}} = 0,006 > \Delta_{\text{пр}} = 0,01 \text{ мм.}$$

Отже вибираємо індикатор годинникового типу ИЧ з ціною поділки 0,01 мм. та похибкою вимірювання 0,005 мм за ГОСТ 868-82.

### 3.2.4 Опис конструкції і роботи пристрою

Пристрій складається з основи, центрів, стійки на якій кріпиться індикатор. Всі інші елементи приведені в специфікації. (у додатку Контрольно-вимірювальний пристрій).

Деталь (заготовка) кріпиться в центрах. Індикатор годинникового типу встановлено в кріпленні, та зафіксовано на стійці. Стійка може переміщуватись паралельно основній плиті, в робочому положенні вона жорстко закріплена.

Для вимірювання радіального биття достатньо встановити ніжку індикатору для вимірювання так, щоб він торкався поверхні, що вимірюється та налагодити його на «0». Надалі повернути деталь на  $180^0$  та візуально зняти розмах коливання стрілки індикатора за один оберт – це буде величина радіального биття.

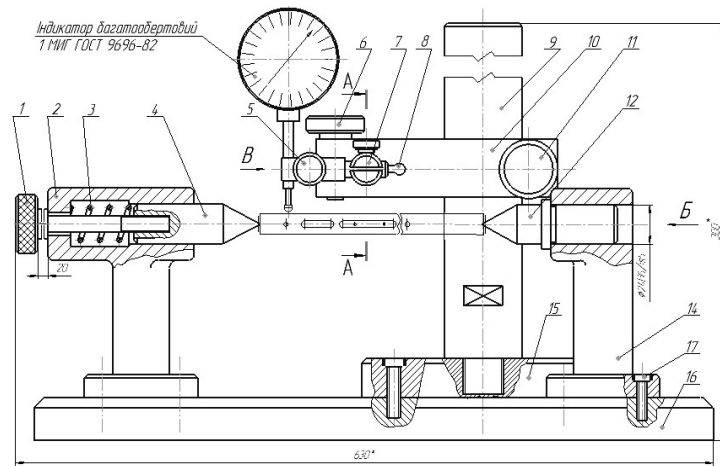


Рисунок 3.4. Загальний вигляд контрольно-вимірювального пристрою

## 4 Охорона праці

### 4.1 Основні заходи пожежної профілактики на об'єктах

*Категорії приміщень і будівель за вибухопожежною і пожежною небезпекою.* Основою для встановлення нормативних вимог щодо конструктивних та планувальних рішень на промислових об'єктах, а також інших питань забезпечення їх вибухопожежобезпеки є визначення категорій приміщень та будівель виробничого, складського та невиробничого призначення за вибухопожежною та пожежною небезпекою.

Категорія пожежної безпеки приміщення (будівлі, споруди) – це класифікаційна характеристика пожежної безпеки об'єкта, що визначається кількістю і пожежонебезпечними властивостями речовин і матеріалів, які знаходяться (обертаються) в них з урахуванням особливостей технологічних процесів розміщених в них виробництв [12].

Виходячи з властивостей речовин і матеріалів, умов їх застосування і обробки у відповідності із НАБ Б.03.002-2007 – «Визначення категорій приміщень і будівель по вибухопожежній і пожежній небезпеці» приміщення поділяться на п'ять категорій – А, Б, В, Г, Д.

Категорія А (вибухонебезпечна) – належать приміщення, де перебувають горючі гази, легкозаймисті речовини з температурою спалаху, не більше 280С, в такій кількості, що можуть утворювати вибухонебезпечні парогазоповітряні суміші, а також речовини і матеріали здатні вибухати і горіти при взаємодії з водою, киснем повітря або одне з одним; в такій кількості, що розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні перевищує 5 кПа. Сюди відносяться склади балонів із стисненим горючим газом, бензосклади, ацетиленові станції, малярні цехи та ін.

Категорія Б (вибухопожежонебезпечна) – належать приміщення, в яких пил та волокна, легкозаймисті рідини з температурою спалаху більше  $28^{\circ}\text{C}$  та горючі рідини за температурних умов і в такій кількості, що можуть утворюватися вибухонебезпечні пилоповітряні та пароповітряні суміші, при займанні яких розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні, що перевищує 5 кПа. Сюди належать насоси станцій, малярні цехи де є рідини з температурою спалаху від  $28^{\circ}\text{C}$  до  $120^{\circ}\text{C}$  (газ, нафта, скипидар, смола та ін.).

Категорія В (пожежонебезпечна) – належать приміщення, де перебувають горючі рідини, тверді горючі та важкогорючі речовини та матеріали, які здатні при взаємодії з водою, киснем повітря та одне з одним тільки горіти і лише за умов, що ці приміщення, в яких вони знаходяться або використовуються не належать до категорії А та Б. Сюди належать паливно-мастильні склади, автогаражі, лісопильні, деревообробні, смолопереробні заводи, склади горючих матеріалів тощо.

Категорія Г належать приміщення і будівлі, якщо в них знаходяться негорючі речовини і матеріали в гарячому, розжареному та розплавленому стані з виділенням променистого тепла, іскор, полум'я, а також горючі гази, рідини та тверді речовини, які спалюються або утилізуються як паливо (газогенераторні станції, котельні, ливарні, термічні цехи, автомобільні гаражі, депо та ін.).

Категорія Д належать приміщення, якщо в них знаходяться негорючі матеріали у холодному стані. Сюди належать всі будівлі, якщо їх не віднесено до категорії А, Б, В, Г (механоскладальні заводи, цехи холодної обробки металу, компресорні станції, склади металу і т. ін.). Будівлі категорії А і Б є вибухопожежонебезпечними, а категорії В, Г, Д тільки пожежонебезпечними.

Класифікація пожежонебезпечних та вибухонебезпечних зон визначається Правилами установки електроустановок (ПУЕ-86). Характеристика пожежо- та вибухонебезпеки може бути загальною для усього приміщення або різною в окремих його частинах. Це також стосується надвірних установок і ділянок

територій. Таким чином, усі приміщення, або їх окремі зони, поділяються на пожежонебезпечні та вибухонебезпечні [12].

Залежно від класу зони здійснюється вибір виконання електроустановок таким чином, щоб під час їх експлуатації виключити можливість виникнення вибуху або пожежі від теплового прояву електричного струму.

Пожежонебезпечна зона – це простір у приміщенні або за його межами, у якому постійно або періодично знаходяться (зберігаються, використовуються або виділяються під час технологічного процесу) горючі речовини, як при нормальному технологічному процесі, так і при його порушенні в такій кількості, яка вимагає спеціальних заходів у конструкції електрообладнання під час його монтажу та експлуатації. Ці зони в разі використання у них електрообладнання поділяються на чотири класи:

Пожежонебезпечна зона класу П-I – простір у приміщенні, у якому знаходиться горюча рідина, що має температуру спалаху за  $+61^{\circ}\text{C}$ ;

Пожежонебезпечна зона класу П-II- простір у приміщенні, у якому можуть накопичуватися і виділятися горючий пилок або волокна;

Пожежонебезпечна зона класу П-IIIa – простір у приміщенні, у якому знаходяться тверді горючі речовини та матеріали; Пожежонебезпечна зона класу П-III – простір поза приміщенням, в якому знаходяться горючі рідини, пожежонебезпечний пилок та волокна або тверді горючі речовини та матеріали.

Вибухонебезпечна зона – це простір у приміщенні або за його межами, у якому є в наявності, чи здатні утворюватися вибухонебезпечні суміші. Газо-пароповітряні вибухонебезпечні середовища утворюють вибухонебезпечні зони класів 0, 1, 2, а пилоповітряні – вибухонебезпечні зони класів 20, 21, 22.

Потенційна пожежна небезпека будівель та споруд залежить як від кількості та властивостей матеріалів, що знаходяться усередині, так і від горючості та здатності чинити опір дії пожежі будівельних конструкцій, яка характеризується їх вогнестійкістю. Ступінь вогнестійкості – це нормована характеристика

вогнестійкості будинків і споруд, що визначається межею вогнестійкості основних будівельних конструкцій [12].

Вогнестійкість (вогнетривкість) – здатність конструкції зберігати несучі та (або) огорожувальні функції в умовах пожежі.

Межа вогнестійкості конструкцій – показник вогнестійкості конструкції, який визначається часом від початку вогневого випробування за стандартного температурного режиму до настання одного з нормованих для даної конструкції граничних станів з вогнестійкості. До граничного стану належать:

- втрата несучої здатності (R);
- втрата цілісності (E);
- втрата теплоізолювальної здатності (I).

Для колон, балок, ферм, стовпів межа вогнестійкості визначається тільки втратою несучої здатності конструкцій. Для зовнішніх несучих стін та покриттів – втратою несучої здатності та цілісності. Для не несучих внутрішніх стін та перегородок – втратою цілісності та теплоізолювальної здатності. Для несучих внутрішніх стін та протипожежних перешкод – всіма трьома граничними станами.

Фактичні межі вогнестійкості визначаються у більшості випадків експериментальним шляхом. Суть методу випробувань конструкцій на вогнестійкість полягає в тому, що зразок конструкції, нагрівають у спеціальній печі та одночасно піддають дії нормативних навантажень. При цьому визначають тривалість часу від початку випробувань до появи одного з граничних станів.

### ***Первинні засоби гасіння пожеж та оснащення ними об'єктів.***

Первинні засоби пожежогасіння призначені для гасіння пожеж у початковій стадії їх розвитку силами персоналу підприємства до прибуття штатних підрозділів пожежної охорони, а також ліквідації невеликих осередків пожеж.

До первинних засобів гасіння пожежі належать вогнегасники, як ручні так і пересувні, бочки з водою, відра, сокири, багри, лопати, ящики з піском, азбестові полотна, повстяні мати, шерстяні ковдри, ломи, пилки тощо.

На промислових підприємствах застосовуються в основному пінні, рідинні, вуглекислотні, вуглекислотно-брометилові, аерозольні та порошкові вогнегасники. Вогнегасники вуглекислотні ОУ-2, ОУ-5 складаються із сталевого балону із запірним вентилям. Балон заповнений зрідженою вуглекислотою під тиском 7 МПа. При відкриванні вентиля зріджена вуглекислота прямує у патрубок, де вона розширюється і за рахунок цього її температура знижується до мінус 70<sup>0</sup>С і утворюється снігоподібна вуглекислота. Ці вогнегасники застосовують для гасіння невеликих пожеж, електрообладнання, що знаходиться під напругою. Не можна гасити спирт і ацетон, котрі розчиняють вуглекислоту, а також фотоплівку, целулоїд, котрі горять без доступу повітря. Час дії вуглекислотного вогнегасника 25-40 с.

Порошкові вогнегасники ОП-1, ОП-5, ОП-10 та ін. – це поліетиленові балончики, які містять фосфорно-амонійні солі, карбонат натрію [12].

Застосовуються для гасіння магнію та його сплавів, лужних металів алюмінію, металоорганічних сполук, а також тоді коли не можна гасити пожеж водою, піною або вуглекислим газом. Щодо означення: літери означають тип вогнегасника, а цифри – місткість балону. А взагалі, щоб обрати способи і засоби гасіння необхідно знати: стадії розвитку пожежі, масштаб загорань, особливості горіння матеріалів. Вибір типу та визначення потрібної кількості вогнегасників здійснюється згідно з нормами, залежно від їх вогнегасної спроможності, граничної площі, класу пожежі горючих речовин та матеріалів у захищуваному приміщенні або на об'єкті, що потребує захисту.

Існує 5 класів горіння (А, В, С, D (E)):

- клас А – пожежі твердих речовин, переважно органічного походження, горіння яких супроводжується тлінням (деревина, текстиль, папір);
- клас В – пожежі горючих рідин або твердих речовин, які розтоплюються;

- клас С – пожежі газів;
- клас D – пожежі металів та їх сплавів;
- клас (E) – пожежі, пов'язані з горінням електроустановок.

Крім перерахованих параметрів, береться до уваги також категорія приміщень за вибухопожежною та пожежною небезпекою. Окисники, крім кисню в повітрі хлор, фтор, окисли азоту, селітра. Найбільш смертельно небезпечним токсичним продуктом горіння, якщо його вдихати протягом 10 хвилин є оксид азоту. Крім цього, до первинних засобів пожежогасіння відносяться пожежні щити. Їх встановлюють на території об'єкта з розрахунку 1 щит на площу не більше 5000 м. До комплекту якого слід включати: вогнегасників – 3шт, ящик із піском – 1 об'ємом до 3 куб. м. укомплектованого совковою лопатою, покривалом з негорючого теплоізоляційного матеріалу розміром 2х2 м., лопати – 2 шт., ломи – 2 шт., гаки – 3 шт., сокири – 2 шт.

#### ***Порядок дій у разі пожежі.***

У разі виявлення пожежі кожний громадянин зобов'язаний: негайно повідомити про це телефоном пожежну охорону за номером 101. При цьому необхідно назвати адресу об'єкта, вказати кількість поверхів будівлі, місце виникнення пожежі, обстановку на пожежі, наявність людей, а також повідомити своє прізвище [12].

- вжити (за можливості) заходів з евакуації людей, гасіння пожежі та збереження матеріальних цінностей;
- якщо пожежа виникла на підприємстві, повідомити про неї керівника чи відповідну компетентну особу та (або) чергового на об'єкті;
- у разі необхідності викликати інші аварійно-рятувальні служби (медичну, газорятувальну тощо).

## 5 Висновки

В дипломній роботі розроблено технологічний процес виготовлення деталі «Вал ВП.22» із застосуванням сучасних верстатів з ЧПК. Виконано розрахунки: типу виробництва, собівартості заготовки, припусків, режимів різання, норм часу. На основі аналізу двох варіантів отримання заготовок прийнято рішення, що для даного типу виробництва найбільш економічним буде отримання заготовки з прокату.

В конструкторському розділі виконано розрахунки верстатного пристрою для свердлування. Для забезпечення операції контролю відповідальної поверхні деталі спроектовано контрольно-вимірювальний пристрій для контролю радіального биття  $\varnothing 25$ .

В розділі охорони праці розглянуті основні заходи пожежної профілактики на об'єктах.

В додатках приведено технологічний процес виготовлення деталі «Вал», специфікації та керуючу програму на верстат з ЧПК.

## Список використаних джерел

1. Методичні вказівки з курсового проектування по технології машинобудування для студентів спеціальностей “Технологія машинобудування”, “Металорізальні верстати та системи”, “Інструментальне виробництво” денної і заочної форм навчання / В.Д. Каразей, Л.В. Присяжний, Ю.В. Савицький – Хмельницький: ХНУ, 2009. – 110 с.
2. Рудь В. Д. Розмірно-точнісний аналіз конструкцій та технологій /Рудь В. Д., Герасимчук О. О., Маркова Т. П. 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. Мельничук П.П., Боровик А.І., Лінчевський П.А., Петраков Ю.В. Технологія машинобудування. Житомир: ЖДТУ, 2005. 882
7. Технологія машинобудування. Навчальний посібник / За ред. І. І. Юрчишина. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2009 528 с.
8. Технологія машинобудування. Посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт: Навчальний посібник / Юрчишин І.І. та ін. Видавництво НУ «Львівська політехніка». 2009. 528 с.
9. Технологія машинобудівних підприємств: підручник / В. Л. Дикань, Ю. Є. Калабухін, Н. Є. Каличева та ін., за заг. ред. В. Л. Диканя. Харків: УкрДУЗТ, 2020. 386 с.

10. Залога В. О. Сучасні інструментальні матеріали у машинобудуванні: навчальний посібник / В. О. Залога, О. О. Залога, В. Д. Гончаров; за загальн. ред. В.О. Залоги. Суми: Сумський державний університет, 2013. 371 с.
11. Данюк В. М., Абрамов В. М. Нормування праці. К.: ВПОЛ, 1995. 465 с.
12. Кирилович В. А. Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПУ. / В. А. Кирилович, П. П. Мельничук, В. А. Яновський ; під заг. ред. В. А. Кириловича. Житомир : ЖІТІ, 2001. 600 с.
13. Гордєєв А. І., Урбанюк Є. А., Безносів А. Є., Мігаль В. Г. Курсове та дипломне проектування для технології машинобудування та металорізальних верстатів. Навчальний посібник, ХНУ, 2005, 300 с.
14. Гордєєв А. І. Урбанюк Є. А., Сілін Р. С. Збірник задач з проектування технологічного оснащення: Навчальний посібник. Хмельницький: ХНУ 2013. 159 с., іл.
15. Сторож Б. Д., Карпик Р. Т., Гордєєв А. І. Точність верстатних пристроїв машинобудівного виробництва: Навчальний посібник / За ред. Р.Т. Карпика. Хмельницький: ХДУ, 2003. 222 с., іл.
16. Боровик А. І. Технологічна оснастка механоскладального виробництва: Підручник. К.: «Кондор», 2008. 726с.
17. Желєзна А. М., Кирилович В. А. Основи взаємозамінності, стандартизації та технічних вимірювань: Навчальний посібник. К.: Кондор, 2004. 796 с.
18. Гайдамака А. В. Деталі машин. Основи теорії та розрахунків : навчальний посібник для студентів машинобудівних спеціальностей усіх форм навчання. Харків : НТУ «ХП», 2020. 275 с.
19. 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.
20. Освітня програма бакалавра спеціальності 131 Прикладна механіка