

# ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ

## «Сумський державний університет»

Факультет технічних систем та енергоефективних технологій

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра технології машинобудування верстатів та інструментів

(повна назва кафедри, (предметної, циклової комісії))

### Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи (проєкту)

перший (бакалаврський)

(освітній рівень)

на тему

*«Проектування технологічного процесу виготовлення гвинта  
поперечної подачі токарного верстата моделі ІЖ11611П»*

Виконав: студент IV курсу, групи ВІ-91/1  
спеціальності:

133 «Галузеве машинобудування»

(шифр і назва спеціальності)

освітньої програми:

«Металорізальні верстати та системи»

(назва освітньої програми)

Олексій ПІСКЛОВ

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник

Андрій ДОВГОПОЛОВ

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Рецензент

Павло КУШНІРОВ

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

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

Інститут, факультет технічних систем та енергоефективних технологій  
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів  
Освітньо-науковий перший (бакалаврський)  
рівень  
Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»  
Освітня програма (шифр і назва)  
«Металорізальні верстати та системи»  
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри технології  
машинобудування, верстатів та  
інструментів  
\_\_\_\_\_ Віталій ІВАНОВ

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 року

**ЗАВДАННЯ**

**ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (ПРОЄКТУ) СТУДЕНТУ**

Пісклов Олексій Вікторович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Проектування технологічного процесу виготовлення гвинта  
поперечної подачі токарного верстата моделі ІЖП1611П

керівник проекту Довгополов Андрій Юрійович, канд. техн. наук, ст.викладач  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затвержені наказом вищого навчального закладу від «4» квітня 2023 року № 0338-VI

2. Строк подання студентом проекту (роботи) «1» червня 2023 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) \_\_\_\_\_  
деталь – «Гвинт поперечної подачі» токарного верстата моделі ІЖП1611П.

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

4.1 Аналіз службового призначення верстата, вузла, деталі

4.2 Розроблення робочого креслення заданої деталі

4.3 Аналіз технологічності конструкції деталі

4.4 Вибір способу отримання заготовки й розроблення технічних вимог до неї

4.5 Розрахунок припусків на механічне оброблення поверхонь

4.6 Аналіз та обґрунтування схем базування й закріплення заготовки

4.7 Обґрунтування вибору металорізальних верстатів

4.8 Проектування верстатного пристрою

4.8 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

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

5.1 Креслення деталі

5.2 Креслення вихідної заготовки

5.3 Креслення маршрутного технологічного процесу виготовлення деталі

5.4 Креслення операційного налагодження

5.5 Креслення верстатного пристрою

6. Інша конструкторська та технологічна документація

5. Консультанти розділів проєкту (роботи)

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

6. Дата видачі завдання «\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 року

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Технологічна частина	30.04.2023	
2	Охорона праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях	06.05.2023	
3	Оформлення пояснювальної записки	13.05.2023	
4	Оформлення креслень	24.05.2023	

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Керівник роботи (проєкту)

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Олексій ПІСКЛОВ**

\_\_\_\_\_ (ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

**Андрій ДОВГОПОЛОВ**

\_\_\_\_\_ (ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

**МІНСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Сумський державний університет**  
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій  
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри  
\_\_\_\_\_ Віталій ІВАНОВ

\_\_\_\_\_ 2023 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**на здобуття освітнього ступеня бакалавр**

зі спеціальності 133 – Галузеве машинобудування, освітньо-професійної програми  
«Металорізальні верстати та системи»

на тему: Проектування технологічного процесу виготовлення гвинта поперечної  
подачі токарного верстата моделі ІЖ1І611П

Здобувача групи ВІ-91/1 Пісклова Олексія Вікторовича

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

\_\_\_\_\_

Олексій ПІСКЛОВ

Керівник старший викладач, к.т.н., Андрій ДОВГОПОЛОВ \_\_\_\_\_

## РЕФЕРАТ

Записка: 70 с., 17 рис., 14 табл., 17 літературних джерел.

Об'єкт роботи – деталь «Гвинт поперечної подачі», яка входить до складу супортної групи токарно-гвинторізного верстата моделі ІЖ1І611П.

Мета роботи – розроблення креслення та технологічного процесу виготовлення деталі «Гвинт поперечної подачі».

В роботі виконано аналіз службового призначення верстата моделі ІЖ1І611П, вузла супортна група та деталі «Гвинт поперечної подачі». Також проаналізовано технічні вимоги, що пред'являються до деталі та виконано аналіз технологічності її конструкції. За допомогою техніко-економічного обґрунтування був обраний раціональний метод отримання заготовки для даних кмов виробництва.

На прикладі двох механічних операцій: фрезерно-центрувальної та токарної з ЧПК було проаналізовано існуючий технологічний процес виготовлення деталі. Також виконано обґрунтування вибору схеми базування і закріплення заготовки, вибір металорізального обладнання, верстатного пристрою, ріжучого та вимірювального інструмента. Визначено режими обробки. Виконано технічне нормування досліджуваних операцій.

У графічній частині роботи виконані креслення деталі, заготовки, верстатного пристрою і маршрутного технологічного процесу механічної обробки заготовки, операційної наладки на операцію 020 токарна з ЧПК.

У додатку «Охорона праці» розглянуто пожежну профілактику при проектуванні та будівництві промислових підприємств.

ТОКАРНИЙ ВЕРСТАТ, СУПОРТНА ГРУПА, ГВИНТ ПОПЕРЕЧНОЇ ПОДАЧІ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, РЕЖИМИ РІЗАННЯ

## ЗМІСТ

	с.
Вступ.....	3
1 Аналіз службового призначення верстата, вузла, деталі. опис конструктивних особливостей деталі та умов її експлуатації.....	4
2 Розроблення робочого креслення заданої деталі.....	9
3 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	12
4 Вибір способу отримання заготовки і розроблення технічних вимог до неї.....	17
5 Розроблення технологічного процесу виготовлення заданої деталі.....	22
5.1 Розрахунок припусків на механічне оброблення поверхонь.....	22
5.2 Аналіз та обґрунтування схем базування й закріплення заготовки.....	25
5.3 Обґрунтування вибору металорізального верстата.....	29
5.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів.....	31
5.5 Визначення режимів різання.....	34
5.6. Технічне нормування операції.....	42
6 Проектування верстатного пристрою.....	46
Висновок.....	60
Перелік джерел посилання.....	61
Додаток А Креслення деталі.....	63
Додаток Б Результати розрахунку припусків.....	64
Додаток В Специфікація до верстатного пристрою.....	65
Додаток Г Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.....	67

## ВСТУП

Машинобудування - галузь обробної промисловості з виробництва різноманітних машин і устаткування, що виготовляє засоби виробництва.

Машинобудування впливає на розвиток інших сфер господарської діяльності та відображає рівень науково-технічного стану та обороноздатності країни. У розвинених країнах на частку машинобудування припадає 25-35% ВВП і приблизно стільки ж від загальної чисельності зайнятих в економіці.

У машинобудуванні використовується велике різноманіття металорізальних верстатів: токарних, фрезерних, шліфувальних, зубообробних і т.д. Верстат як і будь-яка машина в процесі роботи зношується, тобто виходять з ладу окремі його деталі або вузли. І це впливає на якість отримуваної продукції, тому верстати необхідно відновлювати. Але знайти запчастини до стареньких верстатів вже досить складно, тому для підтримання їх роботи в ремонтних виробництвах або невеликих фірмах їх ремонтують шляхом виготовлення нових деталей, що зносилися. Для цього необхідно розробити креслення деталі та технологію її виготовлення.

Особливістю машинобудування розвинутих країн є зростаюче різноманіття продукції машинобудування, її високу якість і конкурентоспроможність.

У сучасному машинобудуванні особливу роль відводять створенню і впровадженню нової техніки в усіх галузях, прискоренню науково-технічного прогресу країни. У зв'язку з гнучким використанням і створенням виробничих когось комплексів механічної обробки різанням особливого значення набувають верстати з ЧПК. Застосування верстатів з ЧПК замість універсального обладнання мають суттєві особливості, і створює певні переваги: підвищення, гнучкості, продуктивності, скорочення терміну підготовки виробництва.

Таким чином, розроблення креслення і технологічного процесу виготовлення «Гвинта поперечної подачі» є актуальним завданням.

# **1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ВЕРСТАТА, ВУЗЛА, ДЕТАЛІ. ОПИС КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ДЕТАЛІ ТА УМОВ ЇЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ**

Деталь «Гвинт поперечної подачі», що запропонована для розгляду у дипломному проекті є однією з найважливіших деталей токарного верстата моделі ІЖ 1І611П.

Токарний верстат - верстат для обробки різанням заготовок з металів, деревини та інших матеріалів у вигляді тіл обертання. На токарних верстатах виконують чорнове і чистове точіння циліндричних, конічних і фасонних поверхонь, нарізування різьблення, підрізування і обробку торців, свердління, зенкування і розгортання отворів і т. д. Заготовка отримує обертання від шпинделя, різець - ріжучий інструмент - переміщається разом з супортом від ходового вала або ходового гвинта, які отримують обертання від механізму подачі.

Значну частку верстатного парку складають верстати токарної групи. Вона включає, згідно з класифікацією металорізальних верстатів, дев'ять типів верстатів, що відрізняються за призначенням, конструктивним компонуванням, ступенем автоматизації та іншими ознаками.

Застосування на верстатах додаткових спеціальних пристроїв (для шліфування, фрезерування, свердління радіальних отворів і інших видів обробки) значно розширює технологічні можливості обладнання.

Доступні різні форми токарних верстатів в різних форматах і специфікаціях. Є деревообробні токарні верстати, металообробні верстати і машини, використовувані для декоративного точіння, обробки скла і алмазної обробки. Існують легкі токарні верстати, які корисні для м'яких робіт, наприклад, в міні-інструментальних цехах або для практичних застосувань або демонстрацій. Існують потужні токарні верстати, використовувані для масового виробництва на електростанціях, сталеливарних і паперових фабриках, суднобудівної та



автомобільної промисловості, гірничодобувної промисловості, текстильної промисловості.

Токарно-гвинторізний верстат призначений для виконання різноманітних токарних робіт по чорних і кольорових металах, включаючи точіння конусів, нарізування метричної, модульної, дюймової та пітчевих різьб.

Токарно-гвинторізні верстати є найбільш універсальними верстатами токарної групи і використовуються головним чином в умовах одиничного і дрібносерійного виробництва. Конструктивна компоновка верстатів практично однотипна. Основні вузли прийнятого в якості прикладу верстата ІЖ 1П611П:

- станина, на якій монтуються всі механізми верстата;
- передня (шпиндельная) бабка, в якій розміщуються коробка швидкостей, шпиндель і інші елементи;
- коробка подач, передає з необхідним співвідношенням рух від шпинделя до супорта (за допомогою ходового гвинта при нарізанні різьби або ходового валика при обробці інших поверхонь);
- фартух, в якому перетворюється обертання гвинта або валика в поступальний рух супорта з інструментом;
- задня бабка, яка призначена для підтримки другого кінця виробу і надання йому певного положення при обробці в центрах. Також задня бабка використовується для установки в ній різних різучих інструментів (свердел, зенкерів, розгорток), за допомогою яких проводиться відповідна обробка виробу;
- супорт служить для закріплення різального інструменту та повідомлення йому рухів подачі.

Супорт складається з нижніх салазок (каретки), що переміщуються по напрямних станини. По напрямних нижніх салазок різцетримач переміщується в напрямку, перпендикулярному до лінії центрів. Різцева каретка змонтована на поворотній частині, яку можна встановлювати під кутом до лінії центрів верстата.

Основними параметрами верстатів є найбільший діаметр оброблюваної деталі над станиною і найбільша відстань між центрами. Важливим розміром верстата є

також найбільший діаметр заготовки, що обробляється над поперечними салазками супорта.

Токарно-гвинторізні верстати по точності діляться на п'ять класів:

Н - нормальної точності - це більшість токарних верстатів;

П - підвищеної точності – саме такий і є верстат ІЖ 1П611П;

В - високої точності;

А - особливо високої точності;

С - особливо точні, або майстер - верстати.

Запропонована деталь «Гвинт поперечної подачі» входить у вузол «Супортна група» верстата ІЖ 1П611П і є однією з його відповідальних складових, так як розміщується на супорті.

Токарно-гвинторізний верстат ІЖ 1П611П є універсальним верстатом і призначений для виконання різноманітних токарних робіт, у тому числі для нарізування лівих і правих різей: метричних, дюймових, модульних. За рахунок наявності механізму збільшення кроку за допомогою гітари зубчастих коліс можна нарізувати різі з кроком до 48 мм.

Токарно-гвинторізний верстат ІЖ 1П611П використовується для напівчистової та чистої обробки сталей, чавунів, кольорових металів, загартованих заготовок, так як шпиндель верстата встановлений на спеціальних підшипниках, що забезпечують його жорсткість. Токарна обробка різноманітних матеріалів може проводитися з ударним навантаженням без суттєвого погіршення точності обробки.

Частоти обертання шпинделя, що забезпечуються коробкою швидкостей наступні: 20; 25; 31,5; 40; 50; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000 обертів за хвилину.

Даний вузол «Супортна група» призначений для забезпечення оптимальних режимів різання – для забезпечення необхідної величини подачі, що передається від коробки подач через шестерні.

Вузол «Супортна група» складається з валів, підшипників, окремих шестерен, шпонок, гвинтів, ущільнюючих кілець, та ін. Шпонки призначені для передачі крутного моменту з валів на зубчасті колеса, а також між з'єднаннями зубчастих коліс, коли одне колесо має зовнішні шпонкові пази на відповідному посадочному місці, а інше колесо внутрішні шпонкові пази, як у нашому випадку.

Зубчасті колеса і гвинти піддають термічній обробці для підвищення їх зносостійкості.

Даний виріб «Супортна група» також може бути встановлений на інших верстатах, де кріплення супорта мають розміри, аналогічні розмірам верстата ІЖ 1ІБ11П, а також мають схожі характеристики.

Область застосування виробу «Супортної групи» - передача обертового руху подачі від коробки подач через ходовий вал та його трансформація в поступальний рух за допомогою гвинта поперечної подачі до різцетримача. Умови роботи виробу – підвищені швидкості ковзання витків гвинта поперечної подачі та гайки та великі навантаження. Складемо таблицю відповідностей та матрицю зв'язків згідно системи координат.

На рисунку 1.1 зображена деталь «Гвинт поперечної подачі» з нумерацією поверхонь, а в таблиці 1.2 вказана класифікація поверхонь деталі.

Таблиця 1.2 – Класифікація поверхонь деталі

Класифікація поверхні	№ Поверхні
Виконавчі	2,12,13
Основні конструкторські бази	4,6,8,9
Допоміжні конструкторські бази	5,10,11
Вільні	1,3,5,7,14,15

Поверхні 2, 12, 13 є виконавчими, з їх допомогою деталь виконує своє службове призначення, а саме це поверхні різьби і вони передають рух на гайку.

Поверхні 4,6,8,9 є основними конструкторськими базами, ці поверхні з'єднуються з підшипниками ковзання (втулками) і визначають положення самої деталі у вузлі.

Поверхні 5,10,11 є допоміжними конструкторськими базами, до цих поверхонь приєднуються шпонки та ручка з лімбом поперечної подачі.

Всі інші поверхні є вільними і визначають лише форму і розміри деталі та з'єднують виконавчі та базові поверхні.

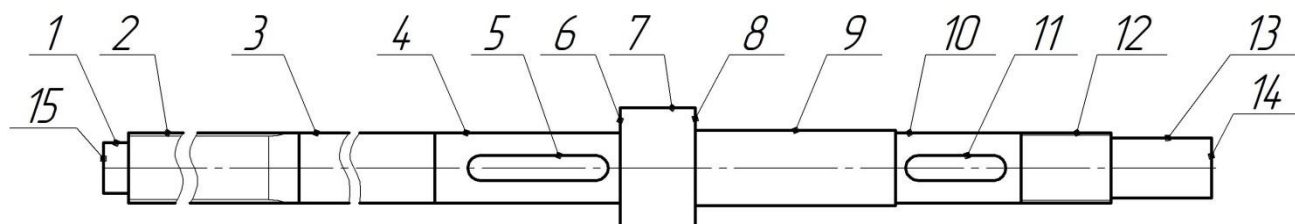


Рисунок 1.1 – Ескіз вала з базами

Таблиця 1.2 – Таблиця відповідностей

Зв'язки	Ступені вільності	База
1, 2, 3, 4	II, III, V, VI	ПНБ
5	I	ОБ
6	IV	Вакансія

Таблиця 1.3 – Матриця зв'язків

	X	Y	Z	База
L	0	1	1	ПНБ
$\alpha$	0	1	1	
L	1	0	0	ОБ
$\alpha$	0	0	0	
L	0	0	0	Вакансія
$\alpha$	0	0	0	
$\Sigma$	1	2	2	5

Умови експлуатації.

Деталь «Гвинт поперечної подачі» при роботі в вузлі відчуває крутильні і циклічні навантаження, які виникають у момент руху верхнього супорта. Навантаження сприймають витки гвинта та поверхні шпонкового паза, що працюють на зминання та зріз.

Деталь і виріб, також як верстат в цілому експлуатується в помірних умовах в діапазоні температур від -20 до +20 °С.

Шум на рівні 65-95 Дб.

## 2 РОЗРОБЛЕННЯ РОБОЧОГО КРЕСЛЕННЯ ЗАДАНОЇ ДЕТАЛІ

Дана деталь «Гвинт поперечної подачі» відноситься до деталей типу валів, так як відношення  $l/d > 10$  ( $491/14 > 10$ ). Деталь сама по собі є не досить нежорсткою, так як має досить велику довжину, тобто буде деформуватися під дією сил закріплення. Внаслідок того, що деталь нежорстка неможна використовувати більш інтенсивні режими обробки на чорнових операціях.

Матеріал деталі - легована сталь марки 40ХН2МА, що містить у своєму складі 0,4% вуглецю, 1% хрому, 2% нікелю, 1% молібдену, а інше – залізо. До того ж сталь є високоякісною, тобто з мінімальним вмістом сірки і фосфору. Матеріали замітники – сталь 40Х, сталь 40ХН, дані про фізико-механічні властивості яких наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Фізико-механічні властивості сталі 14Х17Н2 та її заміників

Матеріал	$\sigma_b$ , МПа	$\Psi$ , %	Твердість НВ	Хімічний склад, %					
				C	Ni	Mo	Cr	P	S
Сталь 40ХН2МА	650	45	193-198	0,38- 0,46	2,1- 2,3	0,8- 1,1	0,8- 1,2	дуже мала доля	
Сталь 40Х	640	40	190-194	0,38- 0,46	0,17- 0,37	-	0,8- 1,2		
Сталь 40ХН	650	40	196-199	0,38- 0,46	0,9- 1,3	-	0,8- 1,2		

Даний матеріал був обраний закономірно, так як деталь в процесі роботи повинна забезпечувати умови міцності, та безвідмовності у продовж певного часу, тому сталь 40ХН2МА є гарним вибором. Хоча вона і дорожча ніж сталь 45, проте для подібних деталей її застосування з точки зору нормальної і безвідмовної роботи всього механізму необхідно. До того ж сталь 40ХН2МА досить погано обробляється різанням.

На кресленні деталі відповідно до її службового призначення мають бути точні поверхні з високим вимогою до шорсткості і допусками розташування. Поверхні

Ø14js6, Ø14h6 та Ø15h6, Ø12h8 мають малий допуск і шорсткість за критерієм Ra 0,8 мкм тому, що дані поверхні є основними конструкторськими базами для деталі і допуск посадки, а отже і зазор, який впливає на точність центрування повинні бути якомога менше, тому 6-й квалітет поверхні і шорсткість за критерієм Ra 0,8 мкм цілком обгрунтовані конструктором. Також необхідно на кресленні проставити допуски радіального биття 0,02мм щодо вісі центрів, яка буде базою.

На деталі також є шпонкові пази, тому на кресленні мають бути дані поверхні шпонкових пазів 5N9 з шорсткістю за критерієм Ra 3,2 мкм і допуском паралельності 0,02 мм і відповідно мають бути відображені. Ці поверхні є допоміжними конструкторськими базами, тому велике відхилення тут неприпустимо, так як це може привести до розбивання та нерівномірного зношування сторін шпонкового пазу та шпонки. Решта поверхонь є вільними, тобто виготовляються з допуском 14-го квалітету.

Згідно з технічними вимогами, які вказані на кресленні деталі «Гвинт поперечної подачі» деталь повинна виготовлятися з зі сталі 40ХН2МА, твердістю до 25...32 HRC, що передбачає термічну обробку у якості покращення властивостей сталі та надання їй необхідних якостей, що потрібні для виконання службового призначення.

Другим пунктом є вказання матеріалу замітника у якості сталі 40Х, що майже ідентична за своїми характеристиками і може бути застосована, якщо сталі 40ХН2МА не буде у наявності.

Третім пунктом в технічних вимогах повинно було б бути зазначено, що не вказані граничні відхилення розмірів на кресленні деталі необхідно обробляти з точністю 14-го квалітету. Всі отвори або охоплюють поверхні з полем допуску H14, все вали або охоплюються поверхні з полем допуску h14, а все лінійні розміри з допуском 14-го квалітету і полем допуску симетричним в обидві сторони щодо номінального розміру, таким чином спростилося би креслення.

Четвертий пункт регламентує те, що під час виготовлення деталі допускається виконати канавки для вихода шліфувального круга не більше 0,2 мм відносно

номінального розміру посадочної поверхні. Ці моменти мають бути передбачені в технології.

У п'ятому пункті вказано, що канавка на виході різьби Tr14x3LN не допускається, так як це ослабить деталь і вона може вийти з ладу під час роботи.

Базування і закріплення деталі є технологічним оскільки на токарних та шліфувальних операціях деталь базується в центрах.

На фрезерних операціях деталь базується у призмах. Так як деталь на операціях механічної обробки базується в центрах та призмах непотрібно проводити точну вивірку деталі при її закріпленні, що зменшує допоміжний час.

Проставлення розмірів на деталі завжди повною мірою дає можливість контролю розмірів на одному установі стандартним вимірювальним інструментом, що є добре з точки зору технологічності. Всі розміри можна проконтролювати штангенциркулем та мікрометром, а також різьбовим калібром.

Присутність на деталі жорстких допусків форми і розташування поверхонь роблять її нетехнологічною за цим показником. Допуски, що проставлені на кресленні досягаються на шліфувальній операції.

На деталі є декілька нетехнологічних конструктивних елементів, а саме шпонкові пази. Для отримання їх доцільно застосовувати верстати з ЧПК та спеціальні верстатні пристрої. Способи отримання заготовки не вказані, тому можуть бути або прокат або пластичне деформування, так як у технічних вимогах не вказана група поковок. Проте лиття застосовувати не можна через те, що в литті можуть бути пори і раковини, що ослаблять деталь.

В цілому ж креслення має бути виконане з усіма вимогами ЄСКД, за винятком деяких неточностей зазначених вище. На кресленні має бути досить видів і розрізів для подання форми деталі і можливості її виготовлення, також вказані всі розміри. Враховуючи всі вищевказані вимоги і конструктивні особливості виконано креслення деталі (додаток А).

### 3 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ

Оцінка технологічності деталі «Гвинт поперечної подачі» за якісними показниками включає в себе:

- оцінка по технологічності матеріалу, з якого виготовлена деталь. Дана деталь виготовлена зі сталі марки 40ХН2МА ДСТУ 4543-2016, хімічний склад наведено вище в пункті 2. Матеріалом заміником для цієї сталі є сталь 40Х ДСТУ 4543-2016, яка близька до вихідного матеріалу за хімічним складом і фізико-механічними властивостями.

Вартість даного матеріалу не досить висока, так як сталь легована лише 1% хрому, 2% нікелю та 1% молібдену. Даний матеріал не є дефіцитним, що добре для постачальників.

Дана сталь хоча і легована хромом, нікелем та молібденом у не великій кількості, але все ж таки гірше піддається механічній обробці у порівнянні зі сталлю 45. Змінити матеріал на більш міцний і більш легкий не представляється можливим, так як це призведе до необґрунтованого збільшення собівартості або до того, що деталь не зможе виконувати свої функції у виробі. Так як матеріал деталі недорогий і гірше обробляється різанням, ніж снайбільш масова сталь 45, то можна зробити висновок, що за цим показником вона технологічна.

- оцінка по технологічності геометричної форми поверхонь.

На деталі все поверхні складні, проте які можна обробити як стандартним так і нескладним спеціальним інструментом. На кресленні є такі нетехнологічні конструктивні елементи як шийки валів з високою точністю, різьба Tr14x3LN. Також нетехнологічними елементами є закриті пази.

Отже по геометричним формам поверхонь деталь є технологічною.

- оцінка технологічності по можливості зміни форми деталі, яка дозволяла б вибрати найвигідніший розкрій матеріалу і можливості використання відходів для виготовлення інших деталей.



За цим показником деталь є нетехнологічною, так як абсолютно всі поверхні на деталі обробляються, а отже збільшити кількість поверхонь, які не обробляються або зробити якісь поверхні необроблюваними ми не можемо виходячи зі службового призначення деталі і тих розмірів і тієї точності, які задав конструктор на кресленні.

Заготовку для даної деталі можна отримувати двома методами, а саме вільним куванням на молотах або прокатом (виходячи з конфігурації та розмірів деталі). В першому випадку заготовка матиме ступінчасту форму, але трудомісткість кування досить висока, а так як це ремонтна деталь верстата то робити спеціальний штамп для зменшення трудомісткості не раціонально. Тому заготовку в даному типу виробництва – одиничному краще за все брати з круглого прокату. Все що буде залишатися після обробки цієї заготовки це стружка, яка надалі піде на переплавку. Отже за даним показником деталь нетехнологічна.

- оцінка технологічності конструкції по простановці розмірів.

Базовою інформацією для оцінки технологічності конструкції по даному пункту є креслення деталі «Гвинт поперечної подачі». В цілому по простановці розмірів деталь технологічна.

Також на кресленні є точні «класні» розміри:  $\text{Ø}14\text{js}6$ ,  $\text{Ø}14\text{h}6$  та  $\text{Ø}15\text{h}6$ ,  $\text{Ø}12\text{h}8$ . Ці розміри, особливо перші три вимагають трьох - чотирьох стадій обробки замість однієї - двох, що робить деталь нетехнологічною.

Також на кресленні є допуски розташування, а саме допуски радіального биття 0,02 мм. Витримування цих допусків також несе додаткову трудомісткість в обробку, що нетехнологічно.

- оцінка технологічності за правильністю обґрунтування прийнятих значень граничних відхилень.

Прийняті значення граничних відхилень обумовлені конструкцією та службовим призначенням, проставлені вірно, вказано як відхилення так і значення допусків. Це дозволить під час складання технології оброблення і виготовлення на робочих місцях не визначати їх за довідниками, що скорочує час на проектування.

На основі цього можна зробити висновок, що деталь технологічна по даному показнику.

- оцінка за технологічністю заготовки.

В умовах одиничного виробництва способами отримання заготовки виходячи з технічних вимог креслення деталі можуть бути або поковка штампована, поковка кована на молотах або прокат. Поковка, що отримується вільним куванням на молотах має великі припуски і напуски, що в свою чергу веде до збільшення маси, а отже і істотного збільшення вартості заготовки. Отримання поковки на молотах виконується універсальними інструментами, робочими високої кваліфікації (4-6 розряди), що також збільшує собівартість, а отримання заготовки прокатом, тобто потрібна лише операція відрізання виконується робітниками 2-го або 3-го розрядів.

Єдиним мінусом отримання поковки на молотах є висока вартість виготовлення спеціального штампа для отримання заготовки, але техніко-економічне обґрунтування методу отримання заготовки буде проводитися в у наступних пунктах.

За умови забезпечення технологічності подальшої механічної обробки більш раціональним є отримання заготовки прокатом.

Деталь є недостатньо жорсткою, так як відношення  $l / d < 1$  ( $471/14 > 10$ ) (більш докладно в пункті 2). Деталь можна оброблятися в універсальних пристроях, але це веде до збільшення трудомісткості налагодження, тому на деяких операціях застосуємо спеціальні пристрої. Доступ ріжучого інструменту при обробці на одношпindelних верстатах одним інструментом при послідовній схемі обробці необмежений. При обробці комбінованими інструментами, а також обробці декількома інструментами декількох поверхонь можуть виникнути проблеми.

В цілому ж конструкція деталі технологічна і більшого вдосконалення, ніж це вже зроблено у кресленні без шкоди для службового призначення деталі і виробу, на даному етапі розвитку науки і техніки запропонувати неможливо.

Кількісний аналіз технологічності деталі.

Визначення коефіцієнта використання матеріалу:

$$K_3 = M_d / M_3, \quad (3.1)$$

де  $M$  – маса готової деталі,  $M = 2,5$  кг

$M_3$  – маса заготовки,  $M_3 = 4$  кг

$$M_3 = M \cdot K_p = 2,5 \cdot 1,6 = 4 \text{ кг} \quad (3.2)$$

$$K_3 = 2,5 / 4 = 0,625$$

Визначення рівня технологічності конструкції по використанню матеріалу:

$$K_{ym} = K_{6BM} / K_3 \quad (3.3)$$

де  $K_{6BM}$  – базовий коефіцієнт використання матеріалу,  $K_{6BM} = 0,45$  (за даними підприємства, на якому виготовлялася деталь);

$$K_{ym} = \frac{0,45}{0,625} = 0,72.$$

Визначаємо коефіцієнт точності обробки:

$$K_T = 1 - 1 / A_{cp} > 0,8 \quad (3.4)$$

де  $A_{cp}$  – середньоарифметичне значення класів точності.

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

$T$  – клас точності обробки.

$$\sum n_i = 6 + 2 + 8 + 9 = 15$$

$$\sum T \cdot n_i = 6 \cdot 3 + 9 \cdot 2 + 8 + 14 \cdot 9 = 170$$

$$K_m = 1 - \frac{15}{170} = 0,91 > 0,8.$$

За цим показником деталь технологічна.

Визначаємо коефіцієнт шорсткості:

$$K_{ш} = 1/B_{ср} < 0,32, \quad (3.5)$$

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

$$\sum Ш \cdot n_{im} = 0,8 \cdot 4 + 1,25 + 3,2 \cdot 10 = 36,45.$$

$$K_{ш} = \frac{15}{36,45} = 0,41 > 0,32.$$

За цим показником деталь нетехнологічна.

## **4 ВИБІР СПОСОБУ ОТРИМАННЯ ЗАГОТОВКИ І РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ ДО НЕЇ**

Від вибору технологічного процесу отримання заготовки залежить кількість матеріалу, що витрачається, якість і трудомісткість подальшої механічної обробки при виготовленні деталі. Оптимальний технологічний процес вибирають на основі розрахунку і порівняння, можливих за даних умов варіантів виготовлення деталі, куди входить і вартість вихідної заготовки. Оцінку економічної ефективності нової технології, вибір найбільш економічного варіанта виробництва деталей здійснюють за допомогою порівняльного аналізу вартісних і натуральних техніко-економічних показників.

Основною умовою раціональної технології є максимальне наближення форми і розмірів заготовки до форми готової деталі.

Розглянемо варіанти виготовлення заготовки деталі «Гвинт поперечної подачі», матеріал деталі – сталь 40ХН2МА ДСТУ 4543-2016:

- лиття – не раціонально застосувати, так як для заданого обсягу випуску треба виготовляти спеціальні форми для лиття у кокіль, а потім піддавати деталь очистці піском під тиском та видаляти залишки литникових систем. При цьому способі отримання заготовки можуть з'явитись раковини та пори, що негативно вплине на працездатність гвинта, адже він передає крутний момент у процесі роботи, а при цьому треба забезпечити ущільнення волокон матеріалу, що можливо лише при пластичному деформуванні.

- кування на молотах – не раціонально застосувати через достатньо складний профіль деталі, адже у одиничному виробництві потрібно прагнути до максимальної економії, а на кування призначають досить великі припуски через особливість процесу, проте дивлячись на форму та розміри даний спосіб також розглянемо в учбових цілях.

- штампування – дозволяє отримати заготовку з ущільненими волокнами, що добре позначиться на експлуатаційних характеристиках деталі, а також за формою

та розмірами вона буде найбільш наближена до форми деталі. Проте даний спосіб не розглядаємо, оскільки цей спосіб застосовується як правило у великосерійному та масовому виробництві.

- прокат – раціонально застосовувати у одиничному виробництві при невеликих перепадах діаметральних розмірів. Це також знижує коефіцієнт використання матеріалу та збільшує трудомісткість чорнової обробки, проте для даної деталі варто розглянути такий спосіб отримання, адже у технічних вимогах допускається отримання заготовки з прокату.

Виходячи з конфігурації заданої деталі доцільно застосувати гарячекатаний прокат (ДСТУ 4738-2007). Заготовки з прокату застосовуються для деталей, які по конфігурації наближаються до якогось виду даного прокату, коли немає значної різниці в поперечних перетинах деталі і коли можна при отриманні остаточної її форми уникнути зняття великої кількості металу.

Виходячи з маршруту технологічного процесу заводського варіанту заготовкою для деталі є поковка кована діаметром 30 мм і довжиною 550 мм, а маса становить 5,5 кг. Коефіцієнт використання матеріалу такої заготовки становить 0,45.

Для техніко-економічного порівняння візьмемо також заготовку з прокату діаметром 25 мм і довжиною 500 мм.

$$K_m = \frac{G_d}{G_z}, \quad (4.1)$$

де  $G_d$  – маса готової деталі,  $G_d = 2,5$  кг;

$G_z$  – витрата матеріалу на заготовку, кг:

$$G_z = \frac{\pi d^2 l}{4} \rho, \quad (4.2)$$

де  $\rho$  – густина матеріалу заготовки,  $\rho = 7,85$  г/см<sup>3</sup>;

$d$  – діаметр заготовки,  $d = 25$  мм;

$l$  – довжина заготовки,  $l = 500$  мм.

Тоді

$$G_3 = \frac{\pi \cdot 0,025^2 \cdot 0,5}{4} \cdot 7,85 = 4 \text{ кг.}$$

Тоді

$$K_{м1} = \frac{2,5}{4} = 0,625.$$

Розрахунок вартості заготовки з прокату.

Собівартість заготовки з прокату визначаємо за формулою згідно [10], грн:

$$S_{заел} = M + \sum C_{оз}, \quad (4.3)$$

де  $M$  – затрати на матеріал заготовки, грн;

$$M = Q_1 S - (Q_1 - q) \cdot S_{відх}, \quad (4.4)$$

де  $Q_1$  – маса заготовки з проката,  $Q_1 = 4$  кг;

$S$  – ціна 1кг матеріалу заготовки,  $S = 50$  грн.;

$q$  – маса готової деталі,  $q = 2,5$  кг;

$S_{відх}$  – ціна 1кг відходів  $S_{відх} = 10$  грн.

Тоді

$$M = 4 \cdot 50 - (4 - 2,5) \cdot 10 = 185 \text{ грн.}$$

$\sum C_{оз}$  – технологічна собівартість операцій правки, калібрування прутків, різання їх на штучні заготовки, грн:

$$\sum C_{оз} = \frac{C_{нз} T_{ум}}{60 \cdot 100}, \quad (4.5)$$

де  $C_{пз}$  – приведені витрати на робочому місці: правки 200 грн/год., порізки 200 грн/год.;

$T_{шт}$  – штучний час на заготівельну операцію,  $T_{шт} = 10$  хв.

Тоді

$$\sum C_{оз} = \frac{(200 + 200) \cdot 10}{60} = 67 \text{ грн.}$$

Тоді  $S_{заг1} = 200 + 67 = 267$  грн.

Розрахунок вартості штампованої заготовки

Собівартість кованої заготовки визначаємо за формулою згідно [10], грн:

$$S_{за2} = (C_i Q_2 K_m K_c K_b K_n) - (Q - q) S_{відх}, \quad (4.6)$$

де  $C_i$  – ціна 1 кг матеріалу заготовки,  $C_i = 100$  грн.;

$Q_2$  – маса кованої заготовки, кг:

$$Q_2 = q \cdot K_p, \quad (4.7)$$

де  $q$  – маса готової деталі,  $q = 72$  кг;

$K_p$  – коефіцієнт для визначення орієнтовної маси поковки, для валів  $K_p = 1,6$  [10];

$K_T$  – коефіцієнт, що залежить від точності кування (для нормальної точності),  $K_T = 1$ ;

$K_M$  – коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу,  $K_M = 1,13$ ;

$K_c$  – коефіцієнт, що залежить від групи складності,  $K_c = 0,77$ ;

$K_b$  – коефіцієнт, що залежить від матеріалу кування,  $K_b = 0,7$ ;

$K_n$  – коефіцієнт, що залежить від обсягу виробництва заготовок,  $K_n = 1$ ;

$S_{відх}$  – ціна 1 кг відходів,  $S_{відх} = 10$  грн.

Тоді

$$S_{за2} = (100 \cdot 5,5 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1,13 \cdot 0,77 \cdot 0,7 \cdot 1) - (5,5 - 2,5) \cdot 10 = 405 \text{ грн.}$$



$$K_{.2} = \frac{2,5}{5,5} = 0,45 .$$

Таким чином бачимо, що  $Q_1 > Q_2$ ,  $K_{M1} > K_{M2}$ ,  $S_{зар1} < S_{зар2}$ .

На підставі отриманих результатів, можна зробити висновок: отримання заготовок з прокату вигідніше, тому що собівартість заготовки нижче, а форма заготовки максимально наближена до форми деталі.

Згідно [10], вибираємо  $\varnothing 25 (+0,2; -0,5)$  мм.

Призначаємо технічні вимоги на виготовлення заготовки:

1. Прокат  $\frac{25 - В ДСТУ 4738 - 2007}{40X0XH2ДСТУ 4543 - 2016}$ .
2. Піддати термообробці для зняття внутрішніх напружень.
3. Овальність прокату не повинна перевищувати 75% суми граничних відхилень по діаметру.
4. Кривизна прокату не повинна перевищувати 0,2% довжини.
5. Кривизна різку прутка не повинна перевищувати 0,5 мм.
6. Кривизну прокату вимірюють на ділянці довжиною не менше 0,5 м на відстані не менше 50 мм від кінця прутка.
7. Діаметр і овальність прокату вимірюють на відстані не менше 50 мм від кінця прутка.
8. \* Розмір для довідок.

3D-модель заготовки з прокату представлена на рис. 4.1.

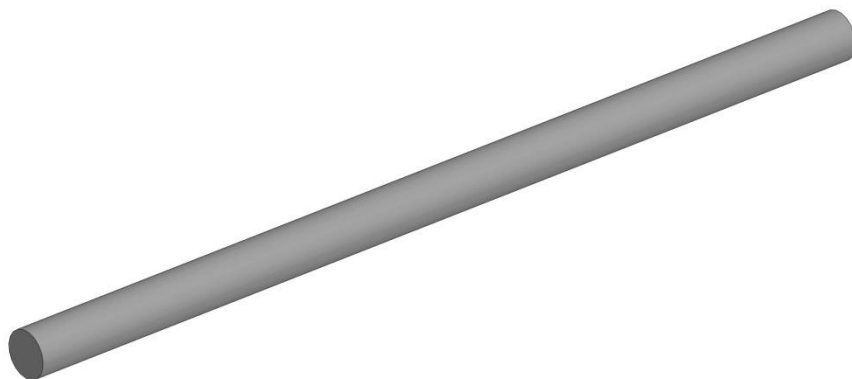


Рисунок 4.1 – 3D-модель заготовки з прокату.

## 5 РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАДАНОЇ ДЕТАЛІ

### 5.1 Розрахунок припусків на механічне оброблення поверхонь

Величина припуску впливає на собівартість виготовлення деталі. При збільшеному припуску підвищуються витрати праці, витрата матеріалу та інші виробничі витрати, а при зменшеному доводиться підвищувати точність заготовки, що також збільшує собівартість виготовлення деталі.

Для отримання деталей більш високої якості необхідно при кожному технологічному переході механічної обробки заготовки передбачати виробничі похибки, що характеризують відхилення розмірів, геометричні відхилення форми поверхні, мікронерівності, відхилення розташування поверхонь. Всі ці відхилення повинні знаходитися в межах поля допуску на розмір поверхні заготовки.

Аналітичний метод визначення припусків базується на аналізі виробничих похибок, що виникають при конкретних умовах обробки заготовки.

Згідно завдання проводиться розрахунок припусків аналітичним методом для зовнішньої поверхні тіла обертання  $\varnothing 15h6$ . Маршрут обробки даної поверхні вибирається за [11] і зводиться в таблицю 5.1.

Таблиця 5.1 – Маршрут обробки поверхні  $\varnothing 15h6$

Назва стадії	Квалітет	Допустимі відхилення розмірів
Заготівельна (прокат)	Клас точності В	+0,2 -0,5
Точіння чорнове	h12	0 -0,18
Точіння напівчистове	h9	0 -0,052
Шліфування	h6	0 -0,011

Виконаємо розрахунок припусків та знайдемо розміри на обробку циліндричної поверхні  $\varnothing 15h6$  мм по принципу професора Кована В.М.

Розрахунок проведений на ЕОМ та показаний в додатку Б.

Розрахункова формула для знаходження припуску зовнішньої циліндричної поверхні має вигляд:

$$2z_{\min} = 2(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \quad (5.1)$$

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

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

$\rho_{i-1}$  – величина просторового відхилення форми поверхні отриманої на попередній операції (переході);

$\varepsilon_i$  – похибка на виконуваний операції (переході).

Перераховані показники є величинами табличними окрім  $\rho_{i-1}$ , яка розраховується як

$$\rho_{заг} = \sqrt{\rho_{\text{экс}}^2 + \rho_{\text{см}}^2} = 1119 \text{ мкм},$$

а  $\rho_{i-1}$  знаходиться в відсотковому відношенні від  $\rho_{заг}$  тоді

$$\rho_{\text{черн}} = \rho_{заг} k_y, \quad (5.2)$$

де  $k_y=0,04-0,06$ , в залежності від переходу. Знайдемо для кожного з переходів:

$$\rho_{\text{чер}} = 1119 \cdot 0,06 = 127 \text{ мкм}.$$

$$P_{n/4} = 1119 \cdot 0,05 = 85 \text{ мкм.}$$

Вихідні данні для розрахунку припусків на ЕОМ приведені в табл. 5.2, а самі результати розрахунку у додатку Б.

Таблиця 5.2 – Вихідні данні

Найменування переходу	Точність	Граничні відхилення	Допуск Т, мкм	Елементи припуска, мкм				
				R <sub>zi-1</sub>	h <sub>i-1</sub>	ρ <sub>i-1</sub>	ε <sub>y</sub> , мкм	
							ε <sub>6</sub> мкм	ε <sub>3</sub> , мкм
Заготовка (прокат)	кл.В	+0,2 -0,5	700	-	-	-	-	-
Точіння чорнове	h12	0 -0,18	180	250	500	1119	500	500
Точіння напівчистове	h9	0 -0,052	52	125	180	127	200	100
Шліфування	h6	0 -0,011	11	20	50	85	0	0

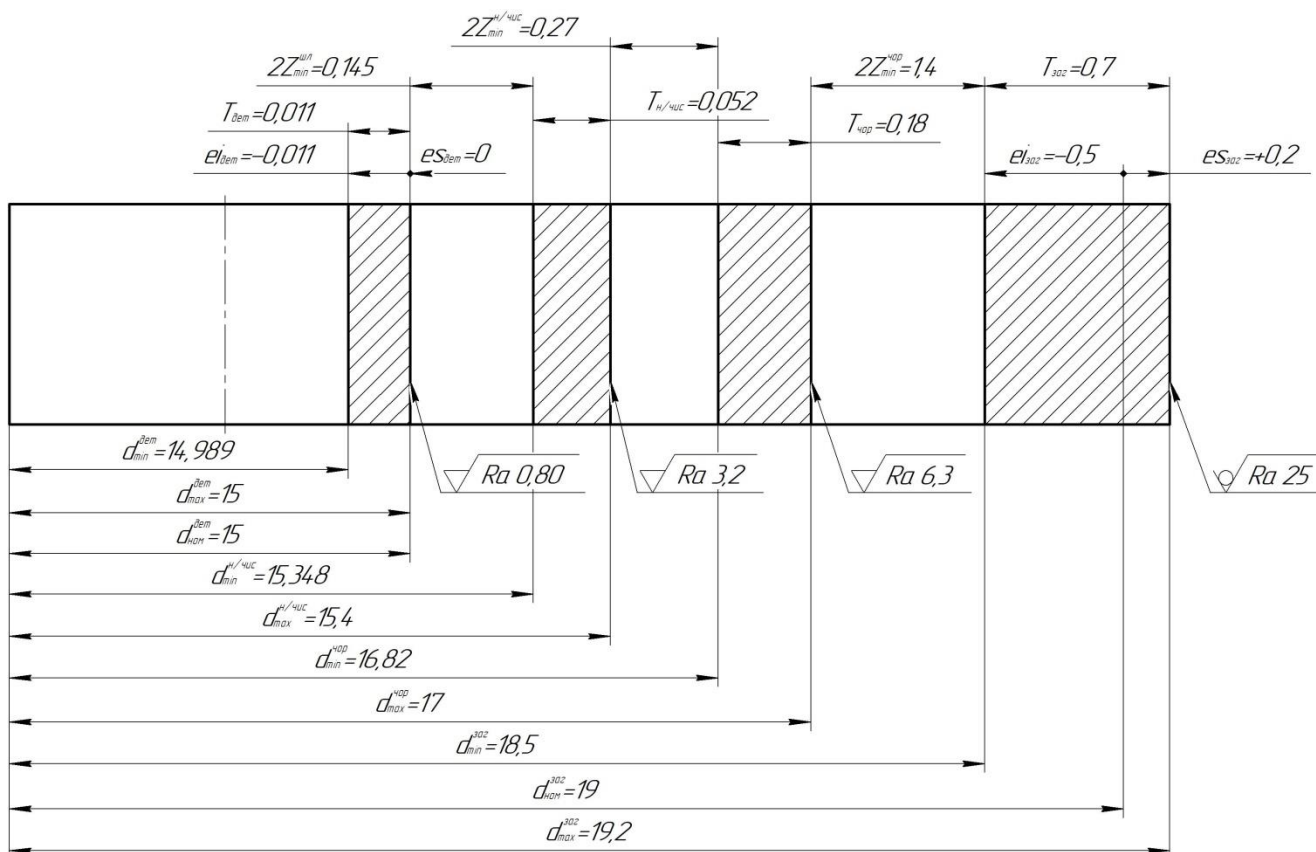


Рисунок 5.1 – Схема розміщення припусків на обробку діаметрального розміру  $\varnothing 15h6$  мм

## 5.2 Аналіз та обґрунтування схем базування й закріплення заготовки

Для виконання цього пункту в якості технологічної операції були прийняті операції: 010 – фрезерно-центрувальна та 020 токарна з ЧПК.

Похибка базування є результатом неспівпадіння технологічної та вимірювальної баз. Тому, при виборі баз необхідно суміщувати технологічні і вимірювальні бази, дотримуватись принципу постійності баз, та за умови, коли не вдається витримати принцип постійності баз, то приймати оброблену поверхню, яка по можливості є найбільш точною.

Для двох аналізованих операцій розглянемо дві різних схеми базування для отримання точності лінійних розмірів. Точність діаметральних розмірів буде досягатися за рахунок точності позиціонування робочих елементів верстата.

Схеми базування заготовки на фрезерно-центрувальній операції приведені на рис. 5.2-5.3.

Для визначення, який варіант з точки зору досягнення точності краще розрахуємо похибку базування.

На даній операції виконується одночасне фрезерування обох торців вала в розмір  $L = 471h12 (-0,63)$  мм, а потім одночасна зацентровка обох торців вала - отвори типу А3.15 ДСТУ 14034-2010. Тому дана операція виконується - з одного установа - однієї позиції - двох технологічних переходів – фрезерування торців та центрування торців.

Можна запропонувати два варіанти базування: заготовка встановлюється на призми і притискається двома прихватами (рис.5.2) та заготовка встановлюється на самоцентрувальні призми (рис.5.3).

Розглянемо перший варіант

Похибки базування, на виконавчі розміри даної операції:

- лінійні розміри: для розміру  $L = 471 h12 (-0,63)$  мм дорівнює нулю  $\varepsilon_6 = 0$  тому, що він виходять методом автоматичної настройки інструменту на розмір;

-для глибини центрових отворів дорівнює нулю  $\varepsilon_6 = 0$  тому вже оброблені торці вала є настроювальною базою;

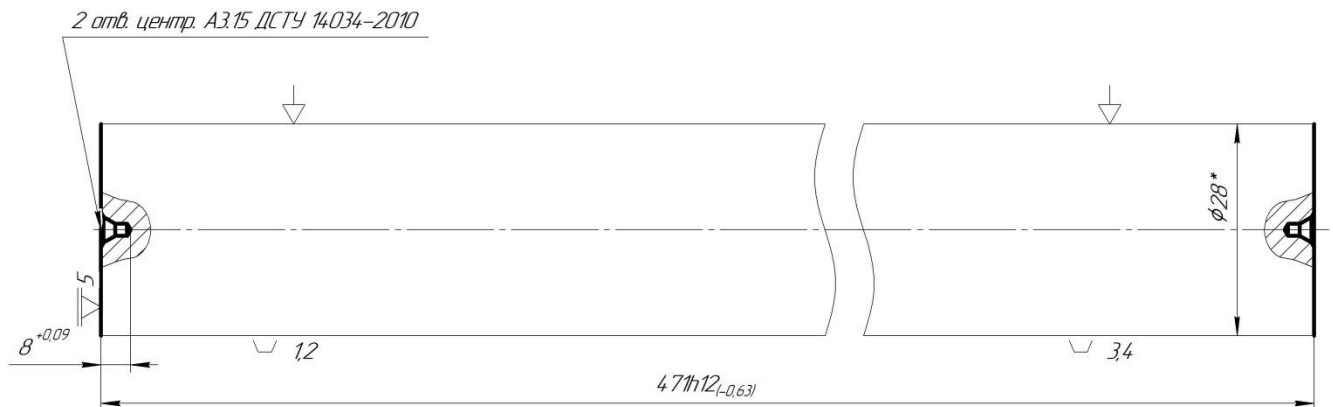


Рисунок 5.2 - Схема установки заготовки на призми з притиском прихватами

- в радіальному напрямку - ексцентриситет розташування центрових отворів А3,15 ДСТУ 14034-2010 [5]:

$$e = 0,5Td \frac{1}{\sin \alpha/2}, \quad (5.4)$$

де  $Td$  – допуск на діаметр установочної поверхні,

$$Td = es - ei = 0,2 + 0,5 = 0,7 \text{ мм};$$

$\alpha$  – кут призми,  $\alpha = 90^\circ$ .

Тоді

$$e = 0,5 \cdot 0,7 \frac{1}{\sin 45^\circ} = 0,485 \text{ мм}.$$

Розглянемо другий варіант

Заготовка встановлюється на самоцентрувальні призми. Дана схема базування (рис.5.3) реалізує такі ж бази як і в першому випадку. Похибки базування, на виконавчі розміри даної операції:

- лінійні розміри - така ж як і в першому випадку;
- в радіальному напрямку - ексцентриситет розташування центрових отворів А3,15 ДСТУ 14034-2010 [5]  $e = 0$ , тому що призми самоцентрувальні.

Виходячи з цього прийнявши до уваги вище наведені розрахунки доцільно застосувати другий варіант базування, тому що при такій схемі немає похибки ексцентриситету розташування центрових отвори.

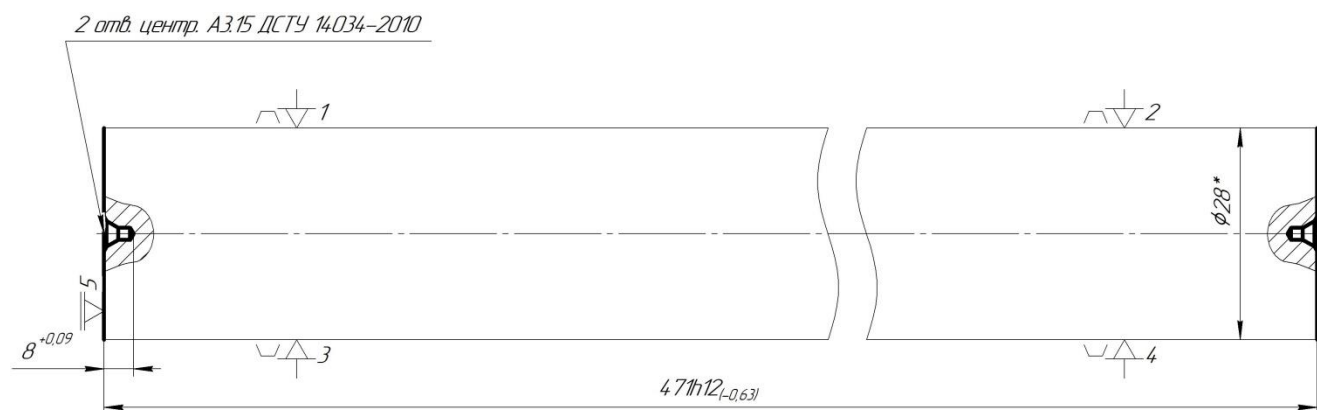


Рисунок 5.3 - Схема установки заготовки в самоцентрувальні призми

Операція 020 – токарна з ЧПК.

Приймаємо одну схему базування у центрах, так як іншу схему реалізувати неможливо у зв'язку з тим, що обробка довгих деталей типу валів на токарних операціях виконується в центрах завжди майже. Дана схема передбачає подвійну-напряму та опорну бази, заготовка буде полишена п'яти ступенів вільності. На першому варіанті (рис. 5.4) приймаємо базування за допомогою плаваючого і обертового центрів, а у другому – жорсткого і обертового (рис. 5.5).

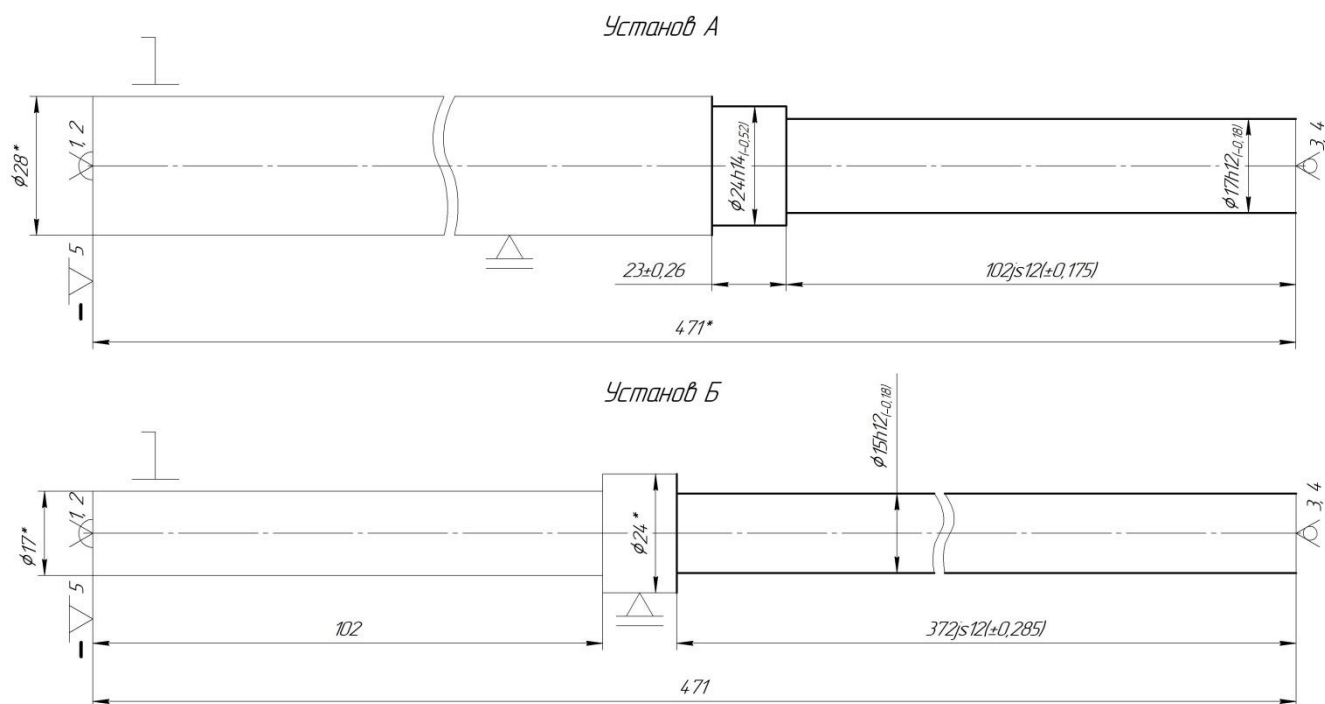


Рисунок 5.4 – Схема базування деталі із плаваючим центром

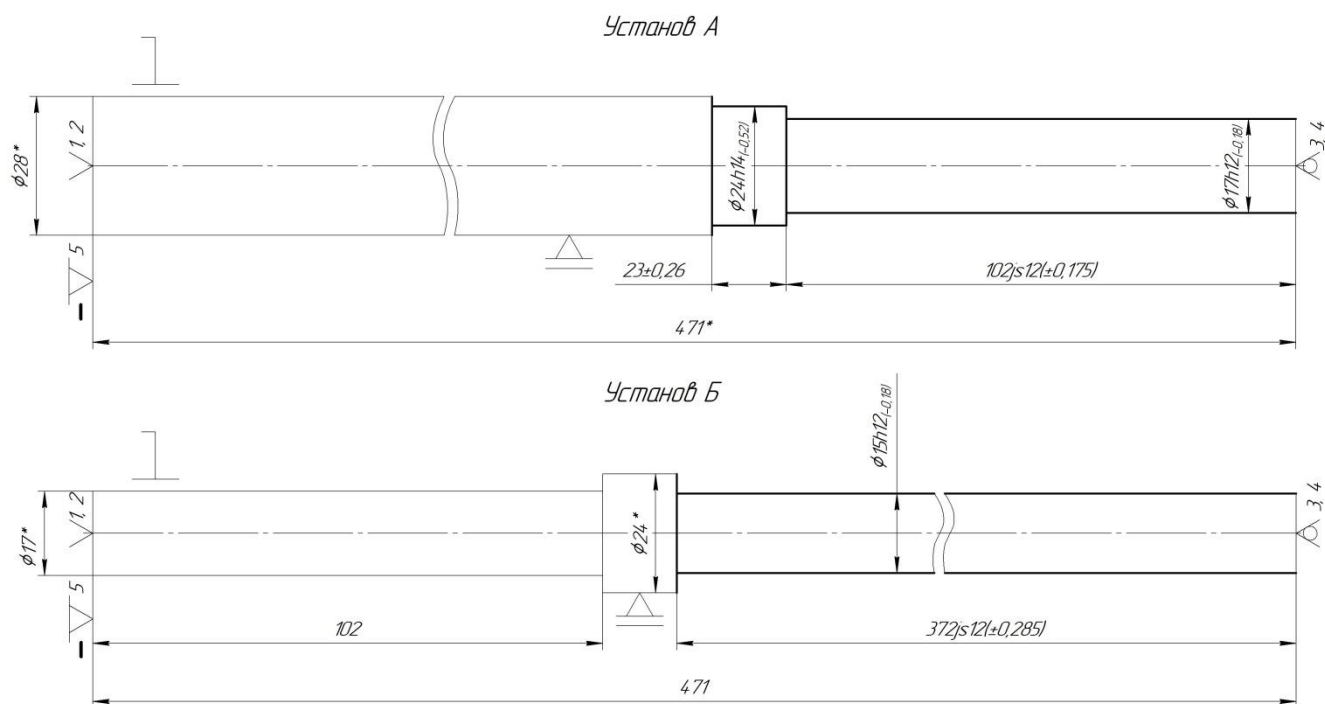


Рисунок 5.5 – Схема базування деталі із жорстким центром

У даному випадку точність лінійних розмірів визначається похибкою базування тому розглянемо похибку на найбільш точний лінійний розмір 102 мм:

- за варіантом 1:  $\varepsilon_{102} = 0,05 < T_{102} = 0,35$  мм, - браку не виникатиме;



- за варіантом 2:  $\varepsilon_{\sigma_{102}} = 0,05 + 0,63 = 0,68 > T_{102} = 0,35$  мм, - брак може виникати.

Отже приймаємо варіант базування 1 з плаваючим центром.

У даних варіантах:

- 0,05 мм – похибка позиціонування верстата;
- 0,63 мм – похибка на довжину деталі;
- 0,35 мм – допуск на розмір 102 мм.

### **5.3 Обґрунтування вибору металорізального верстата**

Металорізальний верстат вибирається виходячи з вимог до якості поверхні, яку необхідно отримати, необхідної потужності двигунів, габаритів, типу виробництва, кількості інструментів на даній операції.

#### **Фрезерно-центрувальна операція 010**

Так як тип виробництва одиничний, то це можна виконати на звичайному токарному верстаті, але при цьому неминучим буде ексцентриситет центрових отворів один до одного. Тому в учбових цілях деталь типу тіла обертання з точністю оброблюваних поверхонь на даній операції не більше IT12, якістю Ra не більше 3,2 мкм може бути оброблена на фрезерно-центрувальному верстаті, наприклад МР-75М [7]. Методи обробки поверхонь - фрезерування і свердління, для обробки необхідно чотири ріжучих інструменти.

Дане обладнання було вибрано з урахуванням наступних показників:

- технологічні методи обробки поверхонь;
- потужність двигуна: верстат даної моделі оснащений 10 кВт двигуном, якого достатньо для виконання операції;
- габарити робочого простору, які дозволять обробити торцеві поверхні заготовки вала;
- тип виробництва: при одиничному виробництві перевага віддається універсальному обладнанню, але в учбових цілях обрано МР-75М;

- встановлену кількість інструментів: для здійснення обробки з одного установа і однієї позиції всіх поверхонь.

Технічна характеристика верстата:

- а) діаметр оброблюваної заготовки, мм - 20-100
- б) довжина оброблюваної заготовки, мм - 300-1500
- в) число швидкостей фрезерних шпинделів - 6
- г) частота обертання фрезерних шпинделів, об / хв. - 125-725
- д) найбільший хід фрезерної головки, мм - 250
- е) робочі подачі фрезерної головки з б / с регулюванням, мм / хв - 20-400
- ж) кінець фрезерного шпинделя – ISO 50
- з) число швидкостей свердлильних шпинделів - 6
- і) частота обертання свердлильних шпинделів, об / хв - 225-1125
- к) найбільший хід сверлильної головки, мм - 75
- л) потужність всіх електродвигунів, кВт - 10
- м) габаритні розміри верстата, мм - 3500 × 1250

Токарна з ЧПК операція 045

У базовому технологічному процесі для токарної операції використовують універсальний токарний верстат 1К62. Пропонуємо токарний верстат з ЧПК HAAS ST-10 (рис. 5.6), який має переваги: дозволяє зменшити час виготовлення деталі, орієнтований на використання в умовах одиничного типу виробництва, габарити верстата дозволяють обробку даної деталі. Верстат типорозміру ST-10 призначений для виконання різних токарних робіт і нарізування метричної, модульної, дюймової та різьб. Може проводитись як чистова так і чорнова обробка. Деталі встановлюються у центрах чи патроні.

Технічна характеристика верстата:

- а) найбільший діаметр оброблюваної заготовки над супортом – 200 мм;
- б) найбільший діаметр оброблюваної заготовки над станиною – 300 мм;
- в) найбільша довжина оброблюваної заготовки – 1000мм;

- г) частота обертання шпинделя –  $1 \dots 6000 \text{ хв}^{-1}$ ;
- д) система ЧПК – FANUC;
- е) межі робочих подач (поздовжніх та поперечних): 0,01-16 мм/об;
- ж) потужність електродвигуна головного привода, кВт – 11,5;
- з) найбільша допустима сила приводу подач верстата по осям X,Z – 30000 Н;
- і) точність позиціонування по осям X, Z – 0,01 мм;
- к) маса з шафою ЧПК, кг: 2260.



Рисунок 5.6 – Загальний вигляд верстата HAAS ST-10

#### **5.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів**

Операція 010 - фрезерно-центрувальна.

Верстатні пристрої.

Вибір верстатного пристрою залежить від типу виробництва, такту випуску і коефіцієнта завантаження верстата, від прийнятої схеми базування заготовки, від можливості забезпечення точнісних вимог операції і від обраного верстата.

При виборі перевага віддається стандартним і нормалізованим пристосуванням, що пов'язано з типом виробництва - одиничне. Вибір пристрою здійснювався за довідниками [12 - 15].

В даний час заготовка обробляється з використанням нормалізованих призм і прихватів. Застосування спеціалізованого пристосування з механізованим приводом, дозволить знизити трудомісткість операції, зменшити штучний час, підвищити стабільність точностних параметрів операції. Орієнтовно в заданих умовах слід визнати найбільш раціональної систему нерозбірних спеціальних пристосувань (НСП). З цього приймаємо спеціальне пристосування для фрезерно-центрувальної операції, яке складається з призм і прихватів з механізованим приводом - що знизить допоміжний час виконання операції.

Вибір металорізального та допоміжного інструментів

Вибір інструмента залежить від таких факторів: моделі верстата; методу обробки; матеріалу заготовки, її розмірів і конфігурації; необхідної точності обробки і шорсткості оброблених поверхонь; типу виробництва (одиничне, серійне, масове).

Вибір інструмента починають з вибору матеріалу ріжучої частини в залежності від матеріалу заготовки, етапу обробки, її термічної обробки.

Оскільки оброблювана заготовка виготовлена зі сталі 40ХН2МА, то в якості матеріалу для ріжучої частини приймемо твердий сплав Т14К8 для фрез і швидкорізальної сталі для осьового інструменту, які за більшістю критеріїв підходить і для обробки цього матеріалу [12].

Для обробки даної заготовки на фрезерно-центрувальному верстаті вибираємо наступний ріжучий і допоміжний інструмент:

Для фрезерування торців вала - дві фрези торцеві з механічним кріпленням багатогранних пластин з твердого сплаву Т14К8, з числом зубів  $z = 8$  і  $\varnothing 60$  за каталогами Seco Tools, діаметр фрез прийнятий найбільшим меншим зі співвідношення  $D = (1,25 \div 1,5) B$ , де  $B$  - ширина фрезерування тобто дорівнює діаметру заготовки вала  $\varnothing 30$ ; для установки фрез в шпиндель верстата - необхідно дві оправки для насадних торцевих фрез 6222-0084 ISO50-22;

Для свердління центрових отворів - два свердла центровочних комбінованих з швидкорізальної сталі Р6М5 Ø3,15 2317-0020 за ДСТУ ISO 866:2018; для установки в верстат свердел - необхідно два патрона цангових ISO50-ER32-70 по DIN 6499.

#### Вибір контрольно-вимірювального інструмента

Для одиничного виробництва характерне застосування універсальних вимірювальних інструментів [12]. На даній операції необхідно перевірити шорсткість оброблених поверхонь згідно ескізу, перевірити лінійні і діаметральні розміри. Для контролю цих параметрів вибираємо такі контрольно-вимірювальні інструменти:

- лінійка ЛП-1000 ДСТУ 427-2009;
- штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ДСТУ 166-2009;
- зразки шорсткості ГОСТ 9378-93.

Операція 045 – токарна з ЧПК.

Для установки і закріплення деталі «Гвинт поперечної подачі» на операції 020 в якості пристроїв використовуємо універсальне пристосування – центр плаваючий ГОСТ 2576-79, центр обертовий А-1-5-Н ГОСТ 8742-75. Центра були обрані, враховуючи дрібносерійний тип виробництва. В даному пристосуванні шляхом нескладного переналадження можуть оброблятися деталі подібні заданої довжини (штоки, вали та ін. з  $l/d > 5$ ).

Люнет 6046-0011 ДСТУ 21190:2008. Так як жорсткість деталі недостатня зважаючи на порівняно велику його довжину, то з метою уникнення прогину, вібрацій і пружних деформацій при обробці, що знижує якість обробленої поверхонь застосовуємо люнет.

Для обробки заданих поверхонь на операції застосовуємо такі прогресивні ріжучі інструменти, взамін інструментів з напайними пластинами:

- Різець прохідний упорний PCLNR2525K12 з T5K10 - для точіння зовнішніх поверхонь і підрізання торців;

При обробці застосовуємо мастильно - охолоджуюча рідина 7-10% Укрінол-1 для можливості здійснення обробки з більш високими швидкостями різання.

Допоміжні інструменти для даної не потрібні так як всі ріжучі інструменти безпосередньо встановлюються в рсзцетримач верстата.

Для контролю розмірів на операції 020 - токарна з ЧПК застосовуємо універсальний шкальний інструмент:

- лінійка ЛП-1000 ДСТУ 427-2009;
- штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ДСТУ 166-2009;
- зразки шорсткості ГОСТ 9378-93.

### 5.5 Визначення режимів різання

Розрахунок режимів різання будемо проводити для операцій 010 фрезерно-центрувальна і 020 токарна з ЧПК.

Розрахунок режимів різання виконуємо для одного - першого переходу фрезерування торців вала розрахунково-аналітичним методом, а для другого переходу - свердління центрових отворів здійснюємо вибір режимів різання табличним методом.

Операція 010 Фрезерно-центрувальна.

Перехід 1 - фрезерування торців вала (рис. 6.2) Ø30 мм з глибиною різання  $t = 2,5$  мм. Ширина фрезерування буде дорівнює діаметру заготовки

$B = 30$  мм.

Вибираємо подачу на зуб фрези по [5]:  $S_z = 0,1$  мм / об.

Розраховуємо швидкість різання за емпіричною формулою згідно [5], м / хв:

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S_z^y B^u z^p} \cdot K_v, \quad (5.7)$$

де  $T$  - середнє значення періоду стійкості інструменту, хв; згідно [5]:

$T = 240$  хв.

Коефіцієнти для даної формули рівні згідно [5]:  $C_v = 332$ ,  $q = 0,2$ ,  $x = 0,1$ ,  $y = 0,4$ ,  $u = 0,2$ ,  $p = 0$ ,  $m = 0,2$ .

$K_V$  - загальний поправочний коефіцієнт що враховує якість оброблюваного матеріалу і визначається за формулою:

$$K_V = K_{MV}K_{ПV}K_{IV}, \quad (5.8)$$

де  $K_{mv}$  - коефіцієнт що враховує якість оброблюваного матеріалу і визначається за формулою згідно [5]:

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_{\sigma}} \right)^{n_V}, \quad (5.9)$$

де  $\sigma_{\sigma} = 685$  МПа - межа міцності оброблюваного матеріалу, сталь 40ХН2МА;

$K_{\Gamma}$  - характеризує групу стали по оброблюваності,  $K_{\Gamma} = 0,95$ , сталь хромиста;

$n_V$  - показник ступеня,  $n_V = 1$ .

Отже:

$$K_{MV} = 0,95 \cdot \left( \frac{750}{685} \right)^{1,0} = 1,04;$$

$K_{ПV}$  - враховує стан поверхні заготовки,  $K_{ПV} = 0,9$ , прокат з коркою [5];

$K_{IV}$  - враховує матеріал інструменту,  $K_{IV} = 0,8$ , Т14К8 [5].

Таким чином:

$$K_V = 1,04 \cdot 0,9 \cdot 0,8 = 0,75.$$

Визначаємо швидкість різання:

$$V = \frac{332 \cdot 60^{0,2}}{240^{0,2} \cdot 4,5^{0,1} \cdot 0,1^{0,4} \cdot 30^{0,2} \cdot 10^0} \cdot 0,75 = 186 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя за формулою, об / хв:

$$n_{\delta} = \frac{1000V}{\pi D}. \quad (5.10)$$

$$n_p = \frac{1000 \cdot 186}{\pi \cdot 60} = 987 \text{ об/хв.}$$

Коригуємо частоту обертання шпинделя, тобто приймаємо:  $n = 1000$  об / хв.

Визначаємо фактичну швидкість різання, м / хв:

$$V = \frac{\pi D n}{1000}. \quad (5.11)$$

$$V = \frac{\pi \cdot 60 \cdot 1000}{1000} = 188,4 \text{ м/хв.}$$

Визначимо хвилинну подачу по формулі, мм / хв:

$$S_M = S_z n. \quad (5.12)$$

$$S_M = 0,1 \cdot 8 \cdot 1000 = 800 \text{ мм/хв.}$$

Розрахуємо силу різання. Основною складовою сили різання є тангенціальна складова, значення якої знаходимо за формулою згідно [5]:

$$P_z = \frac{10 C_p t^x S_z^y B^u z}{D^q n^w} K_{ip}. \quad (5.13)$$

Коефіцієнти для даної формули визначаються згідно [5]:  $C_p = 825$ ,  $x = 1$ ,  $y = 0,75$ ,  $u = 1,1$ ,  $q = 1,3$ ,  $w = 0,2$ .

Поправочний коефіцієнт  $K_{ip}$  враховує вплив якості оброблюваного матеріалу визначаємо за формулою [5]:



$$K_{MP} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n, \quad (5.14)$$

$$K_{MP} = \left( \frac{685}{750} \right)^{0,75} = 0,93$$

Тангенціальна сила різання дорівнює:

$$P_z = \frac{10 \cdot 825 \cdot 4,5^1 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 30^{1,1} \cdot 8}{60^{1,3} \cdot 1000^{0,2}} \cdot 0,93 = 435 \text{ Н.}$$

Визначаємо крутний момент на шпинделі за формулою [5], Нм:

$$M_{кр} = \frac{P_z D}{2 \cdot 100}. \quad (5.15)$$

$$M_{кр} = \frac{435 \cdot 60}{2 \cdot 100} = 924 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Визначаємо ефективну потужність різання за формулою [5], кВт:

$$N_{\dot{a}} = \frac{P_z V}{60 \cdot 1020}. \quad (5.16)$$

$$N_e = \frac{435 \cdot 188}{60 \cdot 1020} = 3,71 \text{ кВт.}$$

Так як операція фрезерно-центрувальна і перехід - фрезерування торців проводиться одночасно з обох сторін заготовки, то потужність витрачається на різання буде дорівнює:

$$N_p = 2N_e = 2 \cdot 3,71 = 7,42 \text{ кВт.}$$

Для можливості реалізації різання на верстаті повинно виконуватися умова:

$$N_p < N_d \cdot \eta, \quad (5.17)$$

де  $N_d$  - потужність двигунів верстата, 10 кВт;

$\eta$  - коефіцієнт корисної дії верстата, 0,75.

Перевіряємо умову:

$$N_d \cdot \eta = 10 \cdot 0,75 = 7,5 \text{ кВт.}$$

Основний час роботи верстата на переході визначаємо за формулою, хв:

$$T_i = \frac{L}{S_i} i, \quad (5.18)$$

де  $L$  - довжина шляху інструменту, що враховує довжину врізання;

$S_m$  - хвилинна подача, мм / хв;

$i$  - кількість проходів.

Тоді:

$$T_{o.фр} = \frac{30 + 60}{800} \cdot 1 = 0,12 \text{ хв.}$$

Результати розрахунку режимів різання наведені в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 - Режими обробки на переході операції 010

Номер і текст переходу	Параметр режимів обробки					L, мм	T <sub>o</sub> , хв
	t, мм	S, мм/хв	n, об/хв	V, м/хв	i		
1 Фрезерувати торці	2,5	800	1000	188	1	90	0,12
2 Центрувати торці	1,67	80	500	24	1	20	0,25

Режими різання аналітичним способом для операції 020 - токарна чорнова:

Дано:  $D = 30$  мм,  $d = 17$  мм,  $L = 102$  мм, матеріал – 40ХН2МА, ріжучий інструмент із матеріалу Т5К10.

Алгоритм визначення режиму різання:  $t \rightarrow S \rightarrow V \rightarrow n \rightarrow T_o$ .

Глибина різання, мм:

$$t = \frac{D-d}{2}, \quad (5.19)$$

де  $D$  – діаметр заготовки до обробки,  $D = 30$  мм;

$d$  – діаметр деталі після обробки,  $d = 17$  мм.

Тоді  $t = \frac{30-17}{2} = 6,5$  мм, але це забагато для одного проходу, тому приймаємо

три проходи по 2 мм.

Вибираємо подачу по [5]:  $S_m = S_o = 0,2$  мм/об.

Розраховуємо швидкість різання за емпіричною формулою згідно [5], м/хв:

$$V = \frac{C_V}{T^m t^x S^y} K_V, \quad (5.20)$$

де  $T$  – стійкість інструменту, хв; згідно [5]:  $T = 60$  хв;

Коефіцієнти для даної формули рівні згідно [5]:  $C_V = 220$ ,  $x = 0,15$ ,  $y = 0,2$ ,  $m = 0,2$ ;

$K_V$  – загальний поправочний коефіцієнт що враховує якість оброблюваного матеріалу і визначається за формулою:

$$K_V = K_{MV} K_{PIV} K_{PIV}, \quad (5.21)$$

де  $K_{MV}$  – коефіцієнт що враховує якість оброблюваного матеріалу і визначається за формулою згідно [5]:

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_s} \right)^{n_v}, \quad (5.22)$$

де  $\sigma_s = 685$  МПа - межа міцності оброблюваного матеріалу, сталь 40ХН2МА;  
 $K_{\Gamma}$  - характеризує групу сталі по оброблюваності,  $K_{\Gamma} = 0,95$ , сталь хромиста;  
 $n_v$  - показник ступеня,  $n_v = 1$ .

Отже:

$$K_{MV} = 0,95 \cdot \left( \frac{750}{685} \right)^{1,0} = 1,04;$$

$K_{пв}$  - враховує стан поверхні заготовки,  $K_{пв} = 1,0$ , прокат без кірки [5];

$K_{ив}$  - враховує матеріал інструменту,  $K_{ив} = 1,0$ , Т5К10 [5].

Таким чином:

$$K_V = 1,04 \cdot 1 \cdot 1 = 1,04.$$

Визначаємо швидкість різання:

$$V = \frac{220}{60^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,2^{0,2}} \cdot 1,04 = 93,7 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя за формулою, об / хв:

$$n_{\delta} = \frac{1000V}{\pi D}. \quad (5.22)$$

$$n_p = \frac{1000 \cdot 93,7}{\pi \cdot 30} = 994,6 \text{ об/мин.}$$

Коригуємо частоту обертання шпинделя, тобто приймаємо  $n = 1000$  об/хв.

Визначаємо фактичну швидкість різання, м / хв:

$$V = \frac{\pi D n}{1000}. \quad (5.23)$$

$$V = \frac{\pi \cdot 30 \cdot 1000}{1000} = 97,6 \text{ м/хв.}$$

Визначимо хвилинну подачу по формулі, мм / хв:

$$S_M = S_o n. \quad (5.24)$$

$$S_M = 0,2 \cdot 1000 = 200 \text{ мм/хв.}$$

Розрахуємо силу різання. Основною складовою сили різання є тангенціальна складова, значення якої знаходимо за формулою згідно [5]:

$$P_z = 10 C_{pt}^x S^y V^n K_p. \quad (5.25)$$

Коефіцієнти для даної формули визначаються згідно [5]:  $C_p = 300$ ,  $x = 1$ ,  $y = 0,75$ ,  $n = -0,15$ .

Поправочний коефіцієнт  $K_{mp}$  враховує вплив якості оброблюваного матеріалу визначаємо за формулою [5]:

$$K_{MP} = \left( \frac{\sigma_6}{750} \right)^n, \quad (5.26)$$

$$K_{MP} = \left( \frac{685}{750} \right)^{0,75} = 0,93.$$

Тангенціальна сила різання дорівнює:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2^1 \cdot 0,2^{0,75} \cdot 97,6^{-0,15} \cdot 0,93 = 147 \text{ Н.}$$

Визначаємо ефективну потужність різання за формулою [5], кВт:

$$N = \frac{P_z V}{60 \cdot 1020} \quad (5.28)$$

$$N = \frac{147 \cdot 97,6}{60 \cdot 1020} = 2,55 \text{ кВт.}$$

Для можливості реалізації різання на верстаті повинно виконуватися умова:

$$N_p < N_d \cdot \eta, \quad (5.29)$$

де  $N_d$  - потужність двигунів верстата, 10 кВт;

$\eta$  - коефіцієнт корисної дії верстата, 0,75.

Перевіряємо умову:

$$N_d \cdot \eta = 10 \cdot 0,75 = 7,5 \text{ кВт.}$$

Дані розрахунків режимів різання та основного часу по даній операції зводимо в таблицю 5.4.

Таблиця 5.4 – Параметри режимів обробки на операцію 020

Найменування переходу	Параметри режимів обробки					L, мм	$T_o$ , хв.
	t, мм	s, мм/об	n, об/хв	V, м/хв	i		
1	2	3	4	5	6	7	8
Установ А							
Точіння Ø17	2	0,2	1000	97,6	3	105	1,6
Точіння Ø24	2	0,2	1000	97,6	2	25	0,25
Підрізання торця Ø24/Ø17	1	0,2	1000	97,6	1	7	0,04
Установ Б							
Точіння Ø15	2	0,2	1000	97,6	8	375	15
Підрізання торця Ø24/Ø17	1	0,2	1000	97,6	1	5	0,03
Всього							16,92

## 5.6. Технічне нормування операції

В основі розрахунків продуктивності праці лежить технічне нормування операцій. З цією метою розраховують технічні норми штучно-калькуляційного часу, так як раніше було визначено тип виробництва – середньосерійне.

Технічне нормування будемо проводити для операції 020 токарна з ЧПК. Технічне нормування операцій здійснюємо згідно вибору з відповідної літератури норм допоміжного часу [19].

Дані щодо режимів різання та основного часу обираємо з табл. 5.4.

Основний час:  $T_o = 16,92$  хв.

Визначаємо допоміжний час, для операції 020, за формулою:

$$T_d = T_{\text{вст}} + T_{\text{кв}} + T_{\text{вим}} \quad (5.30)$$

де  $T_{\text{вст}} = 1,2$  хв – час на установку і зняття заготовки [13];

$T_{\text{кв}} = 0,42$  хв – допоміжний час, пов'язаний з керуванням верстата [13];

$T_{\text{вим}} = 0,86$  хв – час на вимірювання [13].

$$T_d = 1,2 + 0,42 + 0,86 = 2,48 \text{ хв} \quad (5.31)$$

Оперативний час розраховуємо за формулою:

$$T_{\text{оп}} = T_o + T_d \quad (5.32)$$

$$T_{\text{оп}} = 16,92 + 2,48 = 19,4 \text{ хв}$$

Визначаємо додатковий час, який складається з часу на обслуговування та часу на відпочинок і визначається у відсотках від оперативного часу:

$$T_{\text{дод}} = T_{\text{оп}} \cdot 0,08 \quad (5.33)$$

$$T_{\text{дод}} = 19,4 \cdot 0,08 = 1,55 \text{ хв.}$$

Розраховуємо штучний час за формулою:

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{оп}} + T_{\text{дод}} \quad (5.34)$$

$$T_{шт} = 19,4 + 1,55 = 20,95 \text{ хв.}$$

Розраховуємо штучно-калькуляційний час за формулою:

$$T_{шк-к} = T_{шт} + \frac{T_{п-з}}{N} \quad (5.35)$$

де  $T_{п-з}$  – підготовчо-заклучний час, що складається з часу:

- 1) на отримання креслення і наряду,  $T = 4$  хв;
- 2) на ознайомлення з роботою та кресленням,  $T = 2$  хв;
- 3) інструктаж майстра,  $T = 2$  хв;
- 4) отримання основного та допоміжного інструменту, верстатного пристрою та заготовки,  $T = 9$  хв.
- 5) час на встановлення вихідних режимів роботи станка,  $T = 0,15$  хв;
- 6) час налаштування пристрою для подачі ЗОР:  $0,20$  хв.

$$T_{п-з} = 4 + 2 + 2 + 9 + 0,15 + 0,2 = 17,35 \text{ хв}$$

$N = 1$  шт. – кількість деталей у партії

$$T_{шк-к} = 20,95 + \frac{17,35}{1} = 38,3 \text{ хв.}$$

Операція 010 фрезерно-центрувальна

Дані щодо режимів різання та основного часу обираємо з табл. 5.3.

Основний час  $T_0 = 0,37$  хв.

Визначаємо допоміжний час за формулою 5.31, де:  $T_{вст} = 1,54$  хв,  $T_{кв} = 1,18$  хв,  $T_{вим} = 0,95$  хв [13].

$$T_d = 1,54 + 1,18 + 0,95 = 3,67 \text{ хв}$$

Сума основного і допоміжного часу становить час оперативної роботи  $T_{оп}$  за формулою:



$$T_{\text{оп}} = 0,37 + 3,67 = 4,04 \text{ хв}$$

Визначаємо додатковий час за формулою:

$$T_{\text{дод}} = 4,04 \cdot 0,08 = 0,74 \text{ хв}$$

Розраховуємо штучний час за формулою:

$$T_{\text{шт}} = 4,04 + 0,74 = 4,78 \text{ хв}$$

Розраховуємо штучно-калькуляційний час за формулою:

$$T_{\text{шк-к}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{п-з}}}{N}$$

де  $T_{\text{п-з}}$  – підготовчо-заключний час, що складається з часу:

- 1) на отримання креслення і наряду,  $T = 6$  хв;
- 2) на ознайомлення з роботою та кресленням,  $T = 2$  хв;
- 3) на інструктаж майстра,  $T = 2$  хв;
- 4) на отримання інструменту, верстатного пристрою та заготовки  $T = 8$  хв.

$$T_{\text{п-з}} = 6+2+2+8=18 \text{ хв}$$

$N = 1$  шт. – кількість деталей у партії

$$T_{\text{шк-к}} = 4,78 + \frac{18}{1} = 18,78 \text{ хв.}$$

## 6 ПРОЄКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ

В проєкті розробляється пристрій для обробки деталі – «Гвинт поперечної подачі» на операції 010 фрезерно-центрувальній операції.

В даний час заготовка обробляється на універсальному обладнанні в призмах з ручним зажимом прихватами. Застосування спеціального пристрою з механізованим приводом дозволить знизити трудомісткість, підвищити якість параметрів операції.

Уточнення мети технологічної операції. Визначення кількісних і якісних результатів виконання операції.

Точність розмірів оброблюваних поверхонь.

Довжина  $471h11_{(-0,63)}$  – лінійний розмір, що повинен бути оброблений з точністю IT12,  $T = 630$  мкм. Відхилення на нього задано нами під час проєктування креслення у відповідності зі стандартом, так як на даного роду розмірів відхилення задаються у тіло деталі, тому усе вірно.

Точність розмірів центрових отворів розглядати не доцільно, оскільки вона забезпечується інструментом – центровочним свердлом.

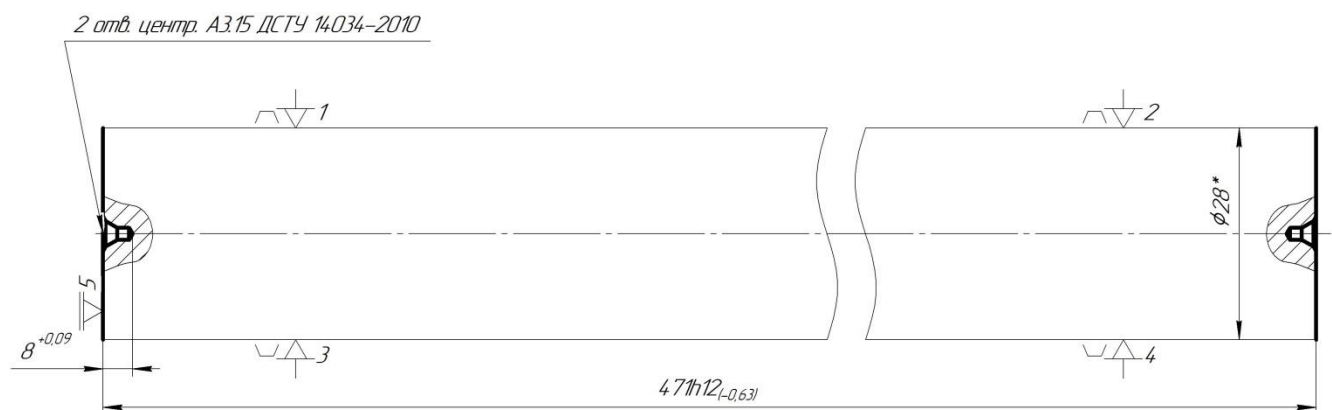


Рисунок 6.1 - Схема базування заготовки на операції

Точність форми оброблюваних поверхонь

На кресленні не позначені допуски форми, тому приймаємо їх рівними 60% від допуску на розмір, який зумовлює цю поверхню.

Відхилення від площинності торців вала приймаємо в межах допуску на розмір 471, і він становить 60% від поля допуску

$T_{-, \square} = 0,6 \cdot 630 = 369$  мкм згідно [10] допуск дорівнює 0,36 мм.

По таблиці [10] визначаємо відносну геометричну точність. Для 12 квалітету - 15 ступінь точності.

Порівнюємо отримане значення відхилення від площинності з табличним значенням по [10]. Табличне значення дорівнює 0,36 мм.

Точність розташування оброблюваних поверхонь.

На кресленні не позначені допуски розташування, тому приймаємо їх рівними 0,6 допуску на розмір.

Допуск паралельності стінок паза в межах допуску на розмір 471 він становить 60% від поля допуску і він дорівнює 0,369 мм. Порівнюємо отримане значення з табличним значенням по [10]. Табличне значення дорівнює 0,36 мм. Приймаємо, що допуск паралельності стінок паза дорівнює 0,36 мм, що відповідає 14-му ступеню точності.

Шорсткість оброблюваних поверхонь.

Шорсткість оброблюваних поверхонь, яка вказана на кресленні, має значення 3,2 мкм за критерієм Ra, а центрових отворів за ДСТУ 14034-2009, що регламентує шорсткість на кожну з поверхонь.

З'ясування кількісних і якісних даних про заготовку, що надходить на операцію. На дану операцію заготовка надходить з необробленими базовими поверхнями. Маса заготовки – 4 кг.

Матеріал - сталь 40ХН2МА ДСТУ 4543-2016. Заготовка має циліндричну форму, цілком жорстка, оброблюваність її задовільна. До базових відносимо поверхні на які буде встановлена заготовка в пристрої.

Уточнимо точності параметри поверхонь, що можуть бути базовими.

Точність розмірів базових поверхонь.

Номинальний діаметр проката  $\varnothing 28(+0,2;-0,5)$  – зовнішня циліндрична поверхня, що відповідає точності IT16,  $T_{\varnothing 28} = 700$  мкм. Відхилення на нього задано конструктором за ДСТУ 2590-2009.

Точність форми базових поверхонь.

Відхилення циліндричних поверхонь  $\varnothing 28$  характеризуються відхиленням від циліндричності і круглості. Оскільки циліндричність і круглість не обумовлені, приймаємо допуск на них в межах 30% від допуску на діаметри, тобто допуск циліндричності і круглості для розміру  $\varnothing 28$  становить 0,21 мм. Скорегувавши за довідником отримаємо, що відхилення від циліндричності і круглості для розміру  $\varnothing 28$  становить  $T = 0,2$  мм, що відповідає 12 ступеню точності [10].

Точність розташування базових поверхонь.

На кресленні не позначені допуски розташування, тому приймаємо їх рівними 0,6 допуску на розмір, тобто допуск радіального биття для розміру  $\varnothing 28$  становить 0,42 мм. Скорегувавши за довідником отримаємо, що відхилення по радіальному биттю для розміру  $\varnothing 28$  становить  $T = 0,4$  мм, що відповідає 15 ступеню точності [10].

Шорсткість базових поверхонь.

Шорсткість поверхні, зазначена на кресленні заготовки (проката) та відповідає за критерієм Ra 25 мкм, що є достатнім досягнення необхідної точності на даній операції.

Визначення умов в яких буде виготовлятися і експлуатуватися проєктований пристрій.

У проєктованому пристосуванні планується обробляти заготовки з базовими поверхнями саме такими або в межах  $\pm 28$  мм розмірів з вказаними параметрами точності. Іншими словами, адаптивні властивості настановних елементів пристосування повинні знаходитися в межах допусків зазначених розмірів.

Річна програма випуску складає одну деталь. Така програма з урахуванням трудомісткості передбачає дрібносерійний тип виробництва. Але проєктування даного пристосування проводиться з метою навчання.

Заготовка буде оброблятися на фрезерно-центрувальному верстаті МР-75. Паспортні дані верстата наведені раніше у розділі 5.4.

Обробка на даній операції здійснюється торцевими фрезами та центровочними свердлами. Пристосування має обслуговуватися верстатником 3-го розряду.

Складання переліку реалізованих функцій

0. Переміщення і попередня орієнтація заготовки.

1. Базування заготовки.

2. Закріплення заготовки.

3. Базування пристосування на верстаті.

4. Закріплення пристосування на верстаті.

5. Підведення і відведення енергоносія.

6. Освіта вихідної сили для закріплення.

7. Управління енергоносієм.

8. Об'єднання функціональних вузлів.

9. Обробка поверхонь згідно ескізу.

10. Створення безпечних умов праці.

Виходячи з умов реалізації цих функцій і вимоги до результатів їх реалізації, здійснюємо пошук прототипів з накопиченого фонду технічних рішень. Перевагу віддаємо апробованим практикою стандартним технічним носіям функції.

Розробка та обґрунтування схеми базування виконано у розділі 5.2.

На дану операцію можливо запропонувати одну схему базування і закріплення заготовки, так як інше закріплення нераціональне з конструктивних точок зору досягнення точності - базування в призмах.

Дана схема передбачає подвійну-напрямну базу, заготовка буде полишена чотирьох ступенів вільності.

Остаточний аналіз структури зв'язків зробимо, побудувавши таблицю односторонніх зв'язків, використовуючи систему координат на рис. 6.2.

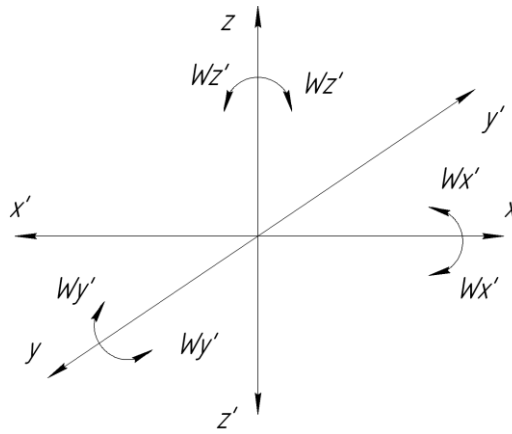


Рисунок 6.2 - Система координат

Таблиця 6.1 – Таблиця односторонніх зв'язків

Індекс зв'язку		X	X'	Y	Y'	Z	Z'	$\omega_x$	$\omega_x'$	$\omega_y$	$\omega_y'$	$\omega_z$	$\omega_z'$
Спосіб реалізації	Реакція	R	R	R	R	-	-	R	R	R	R	R	R

З табл. 6.1 видно, що на заготовку накладено 10 односторонніх зв'язків, причому усі повні, що обумовлено відсутністю зазору між деталлю і пристроєм.

Щоб система стала врівноваженою під час обробки, необхідно позбавити заготовку можливості переміщатися по координаті Z.

Побудова функціональної структури і загальної компоновання пристрою.

З набору функцій, наведених у п.5, виділимо ті, які реалізуються в перебігу оперативного часу: 0,1,2,5,6,7,3,4 Функції впливають на підготовчо-заклучний час; 9 функція прямого впливу на штучний час не робить.

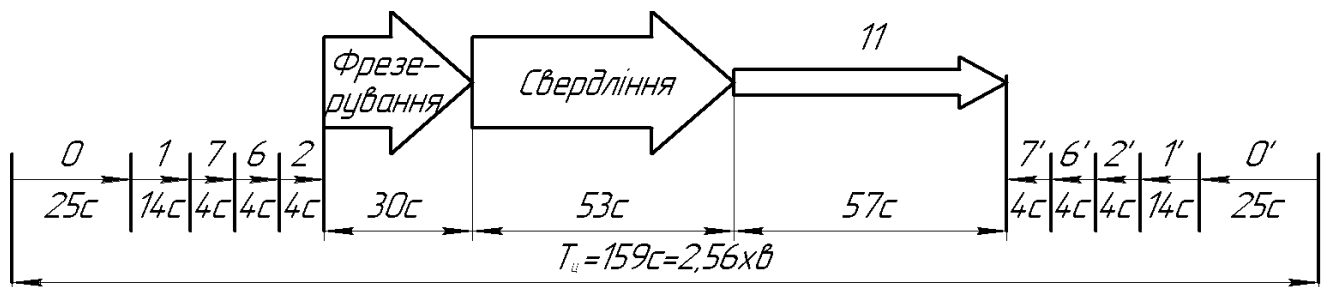


Рисунок 5.3 - Схема послідовної реалізації функцій

Керуючись нормативами часу, складемо структуру потоку функцій при їх послідовній реалізації (рис. 6.3).

Послідовна структура реалізації потоку функцій є найбільш тривалою за часом, проте в даному випадку це єдина можливість обробки заготовки на даній операції при дрібносерійному типі виробництва, де обробка ведеться по можливості стандартним ріжучим інструментом і суміщення переходів не представляється можливим.

Функціональна структура проектного пристосування представлена на рис. 6.4.

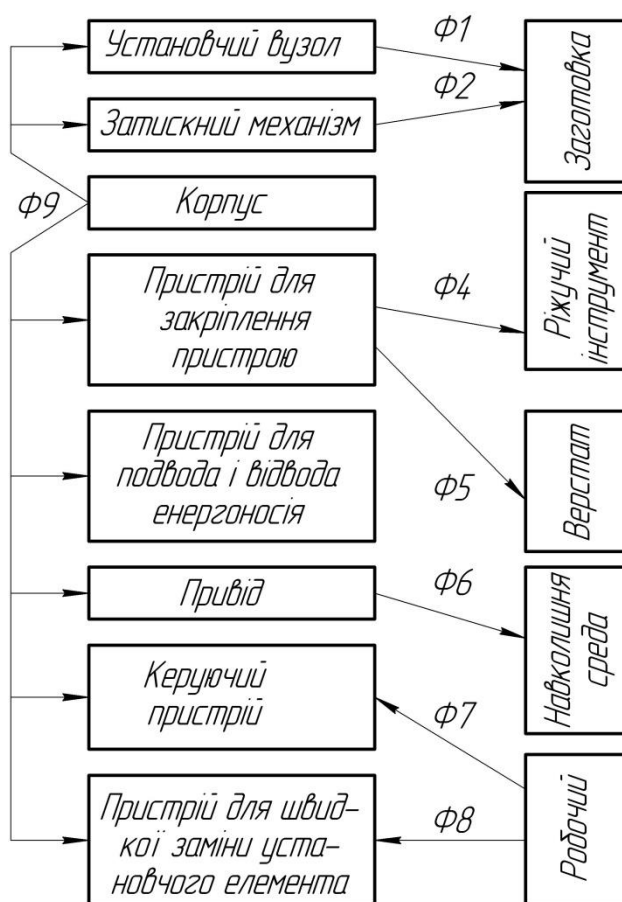


Рисунок 6.4 - Функціональна структура проектного пристрою

Розробка і обґрунтування схеми закріплення. Аналіз взаємодії силових полів з позицій врівноваженості системи: ріжучий інструмент - заготовка - пристрій – верстат.

Для визначення взаємного впливу поля сил, що обурюють і поля призначені врівноважити сил побудуємо графічну модель сил, що обурюють у взаємозв'язку з прийнятою схемою базування і модель поля врівноважуючих сил, створюваних затискним механізмом.

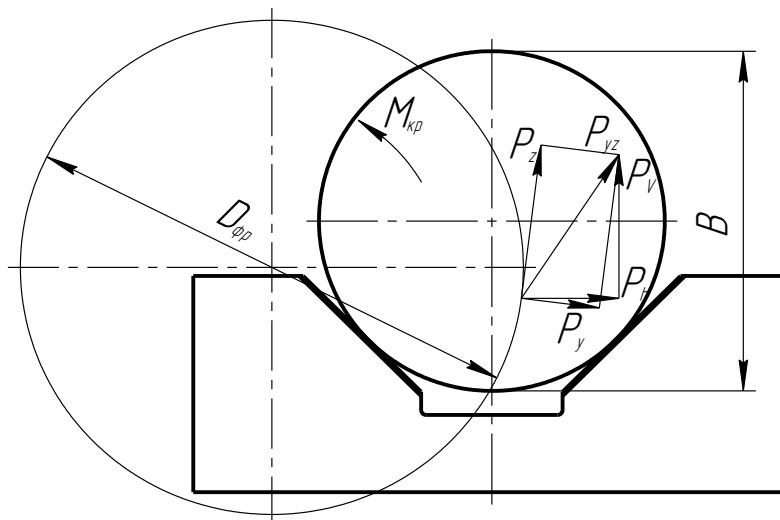


Рисунок 6.5 – Структура поля збурюючих сил

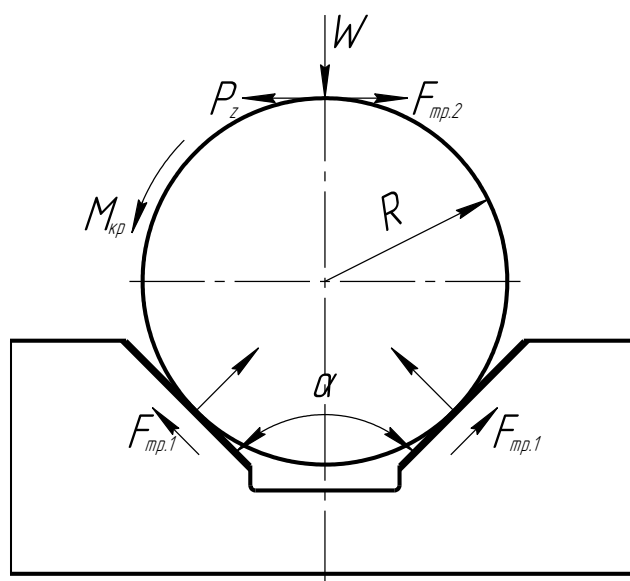


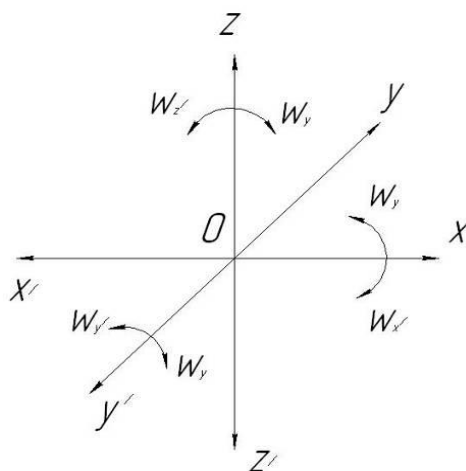
Рисунок 6.6 – Структура поля зрівноважувальних сил

Силіві потоки, що виникають при обробці, створюють напруження згину на всій довжині вала.

Однак достатня маса заготовки і висока її характеристика жорсткості, за рахунок застосування настановних елементів гасять ці напруги і не викликають



деформацій, які деформують заготовку. В таких умовах не виникає особливих вимог до структурної однорідності силових полів.



Індекс зв'язку		$x$	$x'$	$y$	$y'$	$z$	$z'$	$\omega_x$	$\omega'_x$	$\omega_y$	$\omega'_y$	$\omega_z$	$\omega'_z$
Спосіб Реаліза- ції	Реакція			R	R		R			R	R	R	R
	Сила закріплення					W							
	Сила тертя	F(W)	F(W)					F(W)	F(W)				

### Розрахунок сил закріплення

Розрахуємо коефіцієнт запасу за формулою з [12]:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \quad , \quad (6.1)$$

де  $k_0$  - коефіцієнт гарантованого запасу.  $k_0 = 1,5$ ;

$k_1$  – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання через випадкові нерівності на оброблюваних поверхнях ( $k_1 = 1,1$ );

$k_2$  – коефіцієнт, що характеризує збільшення сил різання внаслідок затуплення ріжучого інструменту ( $k_2 = 1,7$ );

$k_3$  – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання при переривчастому різанні ( $k_3 = 1$ );

$k_4$  – коефіцієнт, що характеризує сталість сили закріплення механізму ( $k_4 = 1,2$ );

$k_5$  – коефіцієнт, що характеризує ергономіку ручних ЗМ ( $k_5 = 1$ );

$k_6$  - коефіцієнт враховує моменти, що прагнуть повернути заготовку;

За формулою 7.1:

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,8 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 3,54$$

Режими різання розраховані у пункті 5.5, сила різання складає 435 Н.

Складемо рівняння моментів сил і визначимо силу закріплення  $W$ .

$$W = \frac{KP_z}{f_2 + \frac{f_1}{\sin \alpha/2}} \quad (6.2)$$

Коефіцієнт тертя згідно [12] :  $f_1 = 0,25$ ;

$f_2$  – коефіцієнт тертя між заготовкою і зажимними механізмами,  $f_2 = 0,7$ .

$$W = \frac{3,54 \cdot 435}{0,7 + \frac{0,25}{\sin 45^\circ}} = 1466 \text{ Н.}$$

Згідно силі закріплення 1466 Н, визначимо силу, що виникає на штоку пневмоциліндра за формулою:

$$Q = \frac{W}{1,5} = \frac{1466}{1,5} = 977 \text{ Н}$$

Так як деталь досить довга, тому раціонально застосувати два пневмоциліндри, що будуть безпосередньо діяти на деталь.

Іншим способом силу на штоку пневмоциліндра визначаємо за формулою:

$$Q = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot P \cdot \eta$$

Тоді площа поршня дорівнюватиме:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot P \cdot \eta}} \quad (5.16)$$

де  $D$  - діаметр поршня;

$P = 0,4$  МПа – тиск у мережі;

$\eta = 0,8$  - КПД пневмоциліндра.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 977}{\pi \cdot 0,63 \cdot 10^6 \cdot 0,8}} = 0,097 = 97 \text{ мм.}$$

Вибираємо діаметр найближчого більшого стандартного значення поршня:  
 $D=100$  мм.

Робимо перерахунок сили, що виникає на штоку та сили закріплення.

Сила, що виникає на штоку:

$$Q = \frac{\pi \cdot (100 \cdot 10^{-3})^2}{4} \cdot 0,63 \cdot 10^6 \cdot 0,9 = 1014 \text{ Н.}$$

Сила закріплення:

$$W = 1,5 \cdot Q = 1,5 \cdot 1014 = 1521 \text{ Н.}$$

Розрахунок на міцність. Розраховуємо на міцність різьблення штока. По конструктивних міркувань і попередньої компонованні пристосування приймемо різьбу на штоку М12х1,75-6g. Сила на штоку  $W = 1521$  Н, матеріал гвинта – Сталь 45 ДСТУ 1050-2016.

Внутрішній діаметр різьби розраховується за формулою:

$$d_B = d_n - (0,541P) \cdot 2 \quad (6.3)$$

де  $d_H$  – зовнішній діаметр різьби;

$P$  – шаг різьби.

$$d_g = 12 - (0,541 \cdot 1,75) \cdot 2 = 10,2065 \text{ мм}$$

Мінімальна площа поперечного перерізу різьби розраховується за формулою:

$$S_{\min \text{рез}} = \frac{\pi d_g^2}{4} \quad (6.4)$$

де  $d_B$  – внутрішній діаметр різьби.

$$S_{\min \text{рез}} = \frac{\pi \cdot 10,2065^2}{4} = 60,22 \text{ мм}^2$$

Межа текучості для Сталі 45 дорівнює 300 МПа.

Допустимі напруги розтягування визначається за формулою:

$$[\sigma_P] = 0,5 \cdot \sigma_T \quad (6.5)$$

Тобто

$$[\sigma_P] = 0,5 \cdot 300 = 150 \text{ МПа.}$$

Запишемо умова міцності на розтяг:

$$\sigma_P = \frac{W}{S_{\min \text{рез}}} \leq [\sigma_P] \quad (6.6)$$

$$\sigma_P = \frac{1521}{\pi d^2} = 37 < 150 \text{ МПа}$$

отже міцність штока забезпечується, так як міцність забезпечується навіть в його мінімальному перетині (на різьбовій ділянці).

Обґрунтування вибору приводу.

В даний час заготовка обробляється на універсальному обладнанні: в тисках з ручним приводом. Застосування спеціального пристрою з механізованим приводом дозволить знизити розряд верстатника на операції, знизити трудомісткість оброблення, підвищити стабільність точнісних параметрів на операції.

Точнісні розрахунки пристрою.

З інформаційної точки зору розрахунки допусків на виготовлення елементів пристрою являють собою перетворення інформації про обробку поверхонь деталі на операції в точність пристрою.

Перш ніж приступити до розрахунку точності, визначимо розрахункові параметри, які більшою мірою впливають на досягнення заданих допусків об-розробляє деталі. При обробці заданої деталі на операції до розрахунковим параметрам слід віднести жорсткий допуск на кресленні  $471_{-0,63}$  мм.

Деталь базується на даній операції по поверхні  $\varnothing 28$  тобто можна говорити про те що технологічна та вимірювальна бази збігаються.

Визначимо допустиму похибку на паралельність верхнього торця склянки до настановної поверхні плити за формулою [14]:

$$\varepsilon_{np} = T - K_T \cdot \sqrt{(K_{T1} \cdot \varepsilon_{\delta})^2 + \varepsilon_z^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_n^2 + \varepsilon_u^2 + (K_{T2} \cdot \omega)^2 + \varepsilon_{noz}^2}, \quad (6.7)$$

де  $T$  - допуск розміру  $T_{471} = 0,63$  мм = 630 мкм;

$K_T$  - коефіцієнт, що враховує можливе відступ від нормального розподілу окремих складових, приймаємо  $K_T = 1,2$ ;

$K_{T1}$  - коефіцієнт, який враховує деяке зменшення граничного значення похибки базування, що приймається до уваги, коли похибки базування не дорівнюють нулю, в даному випадку  $K_{T1} = 0,85$ ;

$\varepsilon_{\delta}$  - похибка базування заготовки,  $\varepsilon_{\delta} = 0,25$  мм = 250 мкм (визначена раніше).

$\varepsilon_z$  - похибка закріплення заготовки, тому привід механізований і похибка закріплення буде постійною, то враховуємо її один раз при налаштуванні верстата, приймаємо = 0;

$\varepsilon_y$  - похибка установки пристрою на верстаті, враховує зазори між установочними елементами пристосування і посадочними елементами верстата (шпонками). Але величина зазору на похибку отримуваних розмірів не впливає, так як вони вимірюються в різних напрямках.

$\varepsilon_n$  - похибка перекосу інструменту. Обробка вестиметься фрезами, що не мають перекосу. Тобто похибка перекосу = 0.

$\varepsilon_u$  похибка, що виникає внаслідок зносу настановних елементів пристосування. Величина зносу залежить від програми випуску деталей і форму настановної поверхні. Так як пристрій проектується в навчальних цілях і буде виготовлятися лише одна деталь на рік, то похибкою зносу можна знехтувати, тобто прийняти її рівною нулю.

$K_{T2}$  - коефіцієнт, що враховує ймовірність появи похибки обробки, приймаємо за рекомендаціями [14]  $K_{T2} = 0,6$ ;

$w$  - середня економічна точність обробки, по [14] при фрезеруванні площин середня економічна точність - 11 квалітет. Отже в розрахунках приймаємо допуск по 12-му квалітету тобто  $w = 250$  мкм;

$\varepsilon_{noz}$  - похибка позиціонування верстата. З паспорта верстата МР-75 = 5 мкм.

Виконуємо розрахунок допустимої похибки пристосування, яку не можна перевищити при виготовленні його деталей і їх складанні.

$$\varepsilon_{np} = 630 - 1,2 \cdot \sqrt{(0,85 \cdot 0)^2 + 0^2 + 250^2 + 0^2 + 0^2 + (0,6 \cdot 250)^2 + 5^2} = 117 \text{ мкм}$$

За ГОСТ 24643-81 приймаємо допуск площинності настановних елементів пристосування  $T=100$  мкм

Отже, на кресленні пристосування проставляємо допуск площинності настановних елементів рівний 0,1 мм.

Опис пристрою і принципу дії пристрою.

Пристрій складається з плити на якій встановлені пневмоциліндри і призми

Подача стисненого повітря в нижні і верхні порожнини циліндрів відбувається через триходовий розподільний кран.

При надходженні повітря в нижню порожнину циліндра, поршень піднімаючись вгору через шток створює тиск на прихват який закріплює деталь. При надходженні повітря в верхню порожнину циліндра відбувається зворотний процес - з нижньої порожнини повітря виходить в атмосферу за допомогою перемикання триходового крана. подача повітря здійснюється через триходовий розподільний кран. При відключенні подачі повітря засобом перемикання триходового крана відбувається подача в верхню камеру та відбувається розкріплення заготовки.

Специфікація на верстатний пристрій наведена в додатку В.

## ВИСНОВОК

В даній роботі був виконаний аналіз службового призначення верстата ІЖ 1І611П, вузла супортної групи та деталі «Гвинт поперечної подачі», розроблене креслення даної деталі та технологічний процес її обробки. Проведено аналіз технічних вимог і виявлення технологічних задач при виготовленні деталі. При аналізі технічних вимог описані властивості сталі 40ХН2МА, а також були проаналізовані вимоги, пропоновані при виготовленні деталі конструктором, їх відповідність загальноприйнятим стандартам. Виконано аналіз технологічності конструкції згідно ЕСТПП.

Тип виробництва – одиничний. В якості заготовки була прийнята заготовка з прокату, так як вона найбільш економічно ефективна. Виконано аналіз існуючого типового технологічного процесу, за яким деталь виготовлялась на підприємстві виробнику, де знаходився верстат ІЖ1І611П. Також на технологічних операціях, що аналізуються обґрунтовано вибір металорізальних верстатів, вибір верстатних пристроїв металорізального та вимірювальних інструментів, а саме на операціях 010 фрезерно-центрувальна та 020 токарна з ЧПК. Були проведені розрахунки режимів різання для даних операцій та норми часу за табличним методом.

Спроектовано верстатний пристрій на операцію 010, розроблено та обґрунтовано схему закріплення та тип силоутворюючого механізму, проаналізувано структуру полів збурюючих та зрівноважуючих сил, зроблено опис пристрою та принцип його роботи.

У розділі «Охорона праці» були розглянуті питання пожежної профілактики при проектуванні та будівництві промислових підприємств.

Також виконано комплект технологічної документації, маршрутний технологічний процес на обрані операції.



## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Методичні вказівки до виконання розділу «Аналіз службового призначення виробів та технічних вимог до них» в обов'язковому домашньому завданні, випускній роботі бакалавра, курсовому проєкті зі спеціальності та дипломному проєкті для студентів спеціальностей: 7.090202, 6.090202, 6.090203, 6.090204, 6.090209, 6.090220, 6.090515, 6.090520 усіх форм навчання / укладачі: О.О. Топоров, О. У. Захаркін. – Суми : Вид-во СумДУ, 2000. – 30 с.
2. Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи «Кінематичний розрахунок привода металорізальних верстатів» /Укладач М.М.Коротун. – Суми: Вид – во СумДУ, 2009. – 23 с.
3. Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи з теми «Проектування та розрахунки привода верстатів» / укладачі: М.М. Коротун, О.В. Івченко – Суми :Сумський державний університет, 2013. – 35 с.
4. Боровик А. І. Технологічна оснастка механоскладального виробництва. – К.: Кондор, 2007 – 726 с.
5. Сторож Б.Д., Карпик Р.Т., Гордєєв А.І. Точність верстатних пристроїв машинобудівного виробництва: Навчальний посібник. – Івано-Франківськ; Хмельницький: ХНУ, 2004. – 230 с.
6. Проектирование и производство заготовок в машиностроении: Учеб.пособие/ П. А. Руденко, Ю. А. Харламов, В. М. Плескач; под общ. Ред. В. М. Плескача. – К.: Выща шк., 1991. – 247 с.
7. ГОСТ 7505-89 «Поковки сталіні штамповані. Допуски, припуски і ковальські напуски».
8. Довідник технолога - машинобудівника. У 2-х т. Т. 1 / За ред. А.Г. Косилової і Р.К. Мещерякова. - 4-е изд., Перероб. і доп. - М. : Машинобудування, 1985. 656 с., іл.

9. Справочник технолога - машиностроителя. В 2-х т. Т. 2 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1985. 496 с., ил.

10. Загальномашинобудівні нормативи режимів різання для технічного нормування робіт виконуваних на металорізальних верстатах з ЧПК. - Ч.1. Токарні, карусельні, токарно-револьверні, алмазно-розточні, свердлильні, довбальні і фрезерні верстати. – Москва: Машинобудування, 1974. – 416 с.

11. Барановський Ю.В. Режими різання металів. Довідник. Вид. 3-е, пререраб. і доп. М.: Машинобудування. 1972. - 408 с., іл.

12. Методичні вказівки до практичних занять з курсу «Технологічна оснастка» / Укладач П.В. Кушніров. – Суми: Вид-во СумДУ, 2009. – Ч.1. – 52с.

13. Кирилюк Ю.Е. Допуски и посадки: Справочник. 2-е изд., перераб. и доп. - К.: Вища шк. Головное изд-во, 1989. 135., 3 ил., 26 табл.

14. Гжиров Р.И. Краткий справочник конструктора: Справочник-Л.: Машиностроение, Ленингр. отд - ние, 1983.- 464 с.

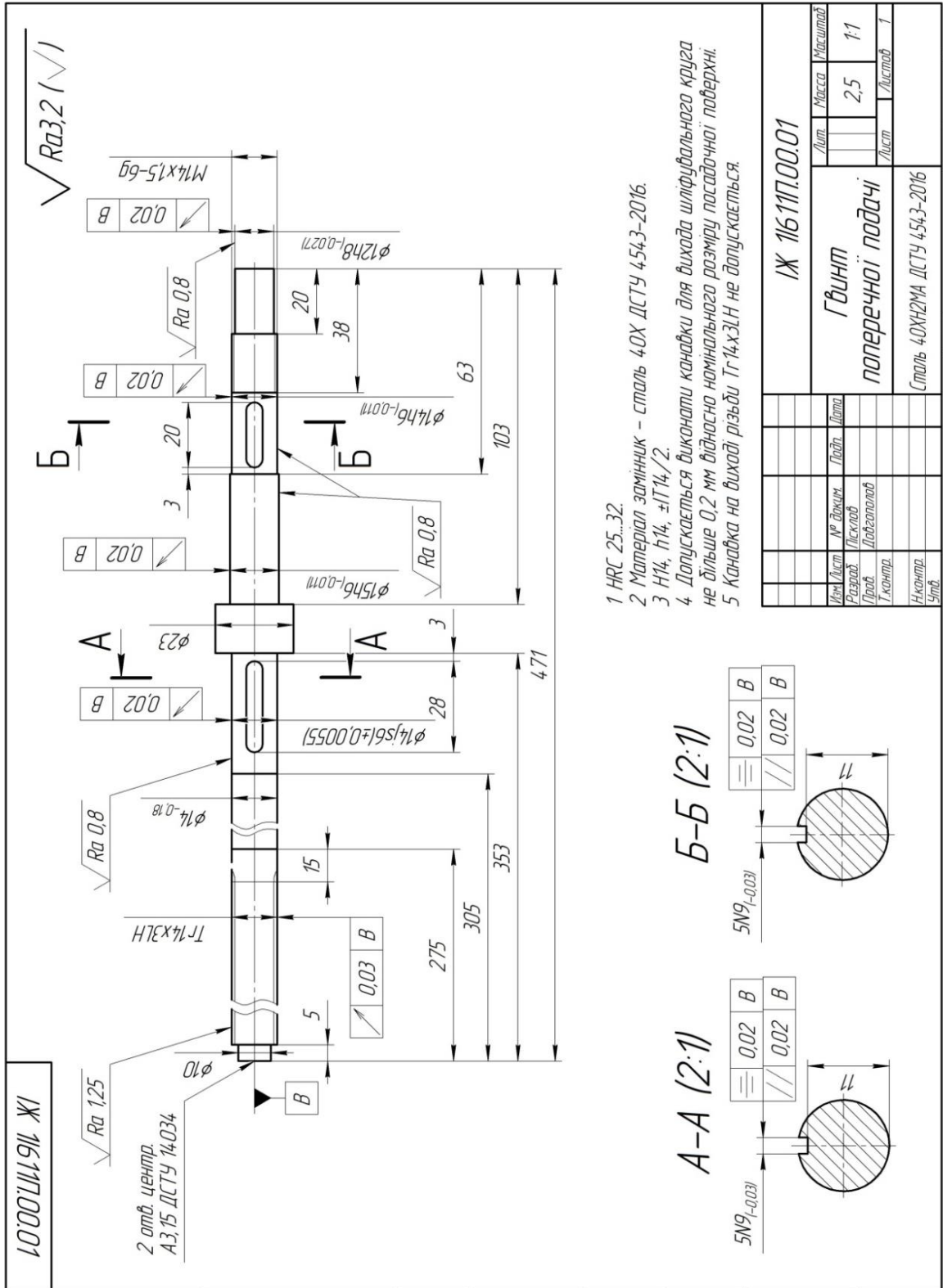
15. Станочные приспособления : справочник : в 2 т. / под ред. Б. Н. Вардашкина, А. А. Шатилова. – Москва : Машиностроение, 1984. – Т. 1. – 592 с.

16. Лабораторний практикум з курсу “Технологічна оснастка”/Укладач П.В. Кушніров, А.В. Євтухов, І.М. Дегтярьов. – Суми: Сумський державний університет, 2019.– 158с.

17. Основи охорони праці: Підручник. 2-ге видання, доповнене та перероблене. / К. Н. Ткачук, М. О. Халімовський, В. В. Зацарний, Д. В. Зеркалов, Р. В. Сабарно, О. І. Полукаров, В. С. Коз’яков, Л. О. Мітюк. За ред. К. Н. Ткачука і М. О. Халімовського. — К.: Основа, 2006 — 448 с.

# ДОДАТОК А

## КРЕСЛЕННЯ ДЕТАЛІ



## ДОДАТОК Б

### РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ ПРИПУСКІВ

#### РОЗРАХУНОК ПРИПУСКІВ НА ДІАМЕТРАЛЬНІ РОЗМІРИ

Програма - 'prip' ver.7.1

СумДУ. Обчислювальний центр факультету ТЕСЕТ

10.05.2023

Розрахунок виконаний для Пісклов О. група - ВІ-91/1

ВИХІДНІ ДАНІ:

оброблювальна поверхня - зовнішня циліндрична  $\phi$  15 0

-0.011

Найменування перехода або операції маршрута обробки поверхонь	Позначення точності	Грани- чні відхи- лення, мм	Елементи припуску, мкм				
			шорст- кість Rz (i-1)	дефект шар h (i-1)	простр відхил p (i-1)	похибка базув ЕБ (i)	закр. Ез (i)
Прокат	ДСТУ 4738-2007	+0.200 -0.500	-	-	-	-	-
Chornova	квалітет 12 0 -0.180	0 -0.18	250	500	1119	500	500
Polychistova	квалітет 9 0 -0.052	-0.052 0	125	180	127	200	100
Shlifovalna	квалітет 6 0 -0.011	0 -0.011	20	50	85	0	0

#### РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ :

Розрахункові знач.			Прийняті значення, мм							
припуск, мкм		розрах- унковий розмір, мм	розрах- унковий розмір	номінальний розмір з граничними відхиленнями	граничний розмір		припуск, мкм			
мін	розр.				міні- мальний	макси- мальний	мінім	розр.	макс.	
-	-	18.34	18.34	19	+0.200 -0.500	18.5	19.2	-	-	-
968	1119	16.3	16.3	17	0 -0.18	16.82	17.0	1400	1340	1430
145	127	15.373	15.373	15.4	0 -0.052	15.348	15.4	270	900	1055
50	85	15	15	15	0 -0.011	14.989	15.000	145	170	373

К І Н Е Ц Ь Р О З Р А Х У Н К У

## ДОДАТОК В

### СПЕЦИФІКАЦІЯ ДО ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ

	Формат Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Прим.	
				<i>Документація</i>			
	A1		<i>ВІ 19510053-07-00.00.СК</i>	<i>Складальне креслення</i>	1		
				<i>Складальні одиниці</i>			
		1	<i>ВІ 19510053-07-01.00</i>	<i>Пневморозподільник</i>	1		
				<i>Деталі</i>			
		2	<i>ВІ 17510053-07-00.02</i>	<i>Кутник</i>	1		
		3	<i>ВІ 17510053-07-00.03</i>	<i>Основа</i>	1		
		4	<i>ВІ 17510053-07-00.04</i>	<i>Кільце</i>	1		
		5	<i>ВІ 17510053-07-00.05</i>	<i>Хомутик</i>	1		
		6	<i>ВІ 17510053-07-00.06</i>	<i>Штуцер</i>	1		
		7	<i>ВІ 17510053-07-00.07</i>	<i>Плита</i>	1		
		8	<i>ВІ 17510053-07-00.07</i>	<i>Поршень</i>	2		
		9	<i>ВІ 17510053-07-00.07</i>	<i>Штак</i>	2		
		10	<i>ВІ 17510053-07-00.07</i>	<i>Прихват</i>	2		
		11	<i>ВІ 17510053-07-00.07</i>	<i>Кришка</i>	2		
		12	<i>ВІ 17510053-07-00.07</i>	<i>Упор</i>	2		
		13	<i>ВІ 17510053-07-00.07</i>	<i>Гайка спеціальна</i>	2		
		14	<i>ВІ 17510053-07-00.07</i>	<i>Штир</i>	2		
				<i>ВІ 19510053-07.00.00.СК</i>			
	Ізм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		
	Розроб.	Ліскалоб					
	Перев.	Довгополов					
	Н.контр.	Евтухов					
	Затв.	Іванов					
	<b>Пристрій фрезерно- центрувальний</b>				Лит.	Лист	Листів
					1	2	
					<i>СумДУ, ВІ-91/1</i>		
	Формат А4						



## ДОДАТОК Г

### ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

#### **Пожежна профілактика при проектуванні та будівництві промислових підприємств.**

Пожежна профілактика - комплекс інженерно-технічних і організаційних заходів, спрямованих на забезпечення протипожежного захисту об'єктів народного господарства. Метою пожежно-профілактичної роботи є підтримання в країні високого рівня пожежної безпеки в містах, населених пунктах, місцях концентрації матеріальних цінностей і на об'єктах народного господарства шляхом приведення їх у зразкове протипожежний стан. Основними завданнями профілактичної роботи є: розробка і здійснення заходів, спрямованих на усунення причин, що можуть спричинити виникнення пожеж; обмеження поширення можливих пожеж та створення умов для успішної евакуації людей і майна на випадок пожежі; забезпечення своєчасного виявлення виниклої пожежі, швидкого виклику пожежної охорони та успішного гасіння пожежі.

Профілактична робота на об'єктах включає; періодичні перевірки стану пожежної безпеки об'єкта в цілому і його окремих ділянок, а також забезпечення контролю за своєчасним виконанням запропонованих заходів; проведення пожежно-технічних обстежень об'єкта представниками Державного пожежного нагляду (Держпожнагляду) з врученням приписів, встановлення дієвого контролю за виконанням приписів та наказів, виданих по них; постійний контроль за проведенням пожежонебезпечних робіт, виконанням протипожежних вимог на об'єктах нового будівництва, при реконструкції та переобладнанні цехів, установок, майстерень, складів та інших приміщень; проведення бесід-інструктажів та спеціальних занять з робітниками і службовцями об'єкта з питань пожежної безпеки (а також з тимчасовими робітниками інших підприємств і організацій, які прибули на об'єкт) та інших заходів з протипожежної пропаганди та агітації; перевірку справності і правильного змісту стаціонарних автоматичних і

первинних засобів пожежогасіння, протипожежного водопостачання та систем сповіщення про пожежі; підготовку особового складу добровільних пожежних дружин та бойових розрахунків для проведення профілактичної роботи та гасіння пожеж і загорянь; установку в цехах, майстернях, складах і на окремих агрегатах систем пожежної автоматики.

Пожежно-профілактична робота на підприємствах проводиться Держпожнаглядом, особовим складом пожежних частин, пожежно-технічними комісіями (ПТК), добровільними пожежними дружинами (ДПД), добровільними пожежними товариствами (ДПО), відділами з техніки безпеки, а також позаштатними пожежними інспекторами при виконавчих комітетах місцевих рад народних депутатів.

Основний метод профілактичної роботи - усунення виявлених в ході перевірки недоліків на місці, а за відсутності такої можливості - в найкоротший термін. Такі заходи, як обладнання цехів, майстерень, складів установками пожежної автоматики, заміна горючих речовин менш горючими і т. П., Оформляються розпорядженнями або актами, які вручаються керівникам підприємств.

Органи Держпожнагляду покликані здійснювати контроль за дотриманням діючих правил і норм пожежної безпеки при проектуванні, будівництві, реконструкції та експлуатації будівель і споруд. Основною формою пожежно-профілактичної роботи органів Держпожнагляду на об'єктах народного господарства, в тому числі і на підприємствах бітового обслуговування населення, є пожежно-технічні обстеження (ПТО), які проводяться з метою контролю за дотриманням затверджених в установленому порядку правил і норм, спрямованих на запобігання пожеж , успішне їх гасіння, забезпечення безпеки людей у разі виникнення пожежі, а також на забезпечення будівель і споруд засобами протипожежного захисту. Саме в ході обстежень встановлюється істинне стан пожежної безпеки об'єктів і адміністрації пропонується здійснити комплекс пожежно-профілактичних заходів.

Вогнестійкість будівельних конструкцій, будівель і споруд



Технічні рішення в частині пожежної безпеки реалізуються на стадії проектування і будівництва різних об'єктів, зокрема підприємств торгівлі і громадського харчування, баз і складів. При цьому для зменшення небезпеки виникнення і розповсюдження пожеж важливе значення має правильний вибір будівельних матеріалів і конструкцій. За здатністю до спалаху вони підрозділяються на три групи: негорючі, важкогорючі і горючі.

Вогнестійкістю будівельних конструкцій називається їх здатність зберігати несучі і захисні функції в умовах пожежі. Межа вогнестійкості будівельної конструкції – це період часу (у годинах) від початку випробування її дією вогню або високої температури до появи однієї з наступних ознак:

- а) утворення в конструкції наскрізних тріщин;
- б) підвищення температури на поверхні конструкції, яка не обігривається, в середньому більш ніж на  $160^{\circ}\text{C}$  або в будь-якій точці цієї поверхні більш ніж на  $190^{\circ}\text{C}$  порівняно з температурою конструкції до випробування;
- в) втрата конструкцією несучої здатності.