

# МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

## Сумський державний університет

Факультет технічних систем та енергоефективних технологій

(повна назва інституту/факультету)

Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Віталій ІВАНОВ

(підпис)

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

2024 р.

### КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня «бакалавр»

(бакалавр/магістр)

зі спеціальності 131 «Прикладна механіка»

(код та назва)

освітньо-професійної програми «Технології машинобудування»

(освітньо-професійної/освітньо-наукової)

(назва програми)

на тему: Проектування технологічного процесу виготовлення

шпинделя УТП 4300.00.06

Здобувача (ки) групи ТМ-01/1

(шифр групи)

Омелянєнка Андрія Євгенійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

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

Андрій ОМЕЛЯНЕНКО

(підпис)

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ здобувача)

Керівник

доцент, к.т.н., доцент Павло КУШНІРОВ

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

(підпис)

Нормоконтролер

доцент, к.т.н., доцент Артем ЄВТУХОВ

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

(підпис)

Суми – 2024

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

Інститут, факультет	<u>TeSET</u>
Кафедра	<u>технології машинобудування, верстатів та інструментів</u>
Освітньо-науковий рівень	<u>перший (бакалаврський)</u> (назва)
Спеціальність	<u>131 «Прикладна механіка»</u> (шифр і назва)
Освітня програма	<u>«Технології машинобудування»</u> (назва освітньої програми, за наявності)

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри технології  
машинобудування, верстатів та  
інструментів

\_\_\_\_\_ *Віталій ІВАНОВ*

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 року

**ЗАВДАННЯ**  
**ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (ПРОЄКТУ) ЗДОБУВАЧА**

*Омеляненко Андрій Євгенійович*  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Проектування технологічного процесу виготовлення шпинделя УТП 4300.00.06

керівник проєкту Кушніров Павло Висильович, доцент, к.т.н., доцент  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від 29.04. 2024 року № 0454-VI

2. Строк подання студентом роботи (проєкту) 10.06. 2024 року

3. Вихідні дані до роботи (проєкту) \_\_\_\_\_

3.1 Робоче креслення деталі «шпиндель УТП 4300.00.06».

3.2 Базовий технологічний процес виготовлення шпинделя УТП4300.00.06

3.3 Річний обсяг випуску деталей – 1500 шт.

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

4.1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі

4.2 Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі

4.3 Визначення типу виробництва та форми організації робіт

4.4 Аналіз технологічності конструкції деталі

4.5 Вибір способу отримання вихідної заготовки, розроблення технічних вимог на її виготовлення

4.6 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі

4.7 Проектування спеціального верстатного пристрою

4.8 Інженерне дослідження

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

5.1 Креслення заготовки

5.2 Креслення маршрутного технологічного процесу виготовлення деталі

5.3 Креслення операційного налагодження

5.4 Креслення верстатного пристрою для установлення заготовки

6. Інша конструкторська та технологічна документація

Комплект документів на технологічний процес виготовлення

«шпинделя УТП 4300.00.06»

5. Консультанти розділів роботи (проєкту)

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

6. Дата видачі завдання «08» квітня 2024 року

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Технологічна частина	18.05.2024	
2	Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	20.05.2024	
3	Оформлення пояснювальної записки	25.05.2024	
4	Оформлення комплексу технологічної документації	30.05.2024	
5	Оформлення креслень та презентації	10.06.2024	

Здобувач

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Андрій ОМЕЛЯНЕНКО**

\_\_\_\_\_ (ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівники роботи (проєкту)

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Павло КУШНІРОВ**

\_\_\_\_\_ (ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет

Факультет технічних систем та енергоефективних технологій

(повна назва інституту/факультету)

Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

(повна назва кафедри)

Завідувачу кафедри

Віталію ІВАНОВУ

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

здобувача (ки) групи ТМ-01/1

(шифр групи)

Андрія ОМЕЛЯНЕНКА

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

ЗАЯВА

Прошу затвердити мені тему кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» зі спеціальності 131 «Прикладна механіка»

(бакалавр/магістр)

(код та назва)

освітньо-професійної програми «Технології машинобудування» :

(освітньо-професійної/освітньо-наукової)

(назва програми)

Проектування технологічного процесу виготовлення шпинделя

УТП 4300.00.06

(назва теми)

(дата та підпис здобувача)

ПОГОДЖЕНО:

Керівник кваліфікаційної роботи:

Павло КУШНІРОВ

(підпис)

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

## РЕФЕРАТ

Записка: 67 с., 9 рис., 15 табл., 7 літературних джерел.

**Об'єкт роботи** – деталь «Шпindelь УТП 4300.00.06», який входить до складу «Крану 4300В».

**Мета роботи** – проектування технологічного процесу виготовлення деталі «Шпindelь УТП 4300.00.06».

В рамках дипломної роботи було досліджено функціональне призначення виробу, його вузлів та деталей. Також проаналізовано технічні вимоги до виготовлення деталей. Встановлено тип виробництва – дрібносерійне – та визначено умови організації праці. Для отримання заготовки було обрано метод прокату.

Проаналізовано існуючий технологічний процес виготовлення деталі на прикладі двох операцій механічної обробки, а саме горизонтального-фрезерування 025 з ЧПК та вертикального-свердління 045. А саме, було продемонстровано вибір способів базування та закріплення заготовки, вибір ріжучого та вимірювального інструменту, верстатів та металорізального обладнання. Проведено розрахунок режимів різання на цих операціях та їх технічне нормування.

У графічній частині виконані креслення заготовки, маршруту технологічного процесу обробки заготовки, налагодження, складального креслення для вертикального-свердління 045, представлений комплект технічної документації та карти КТП.

Розглянуто тему відповідальності власника за невиконання нормативних вимог охорони праці.

**ШПИНДЕЛЬ, КРАН, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, РЕЖИМИ РІЗАННЯ, ТЕХНІЧНЕ НОРМУВАННЯ, ОХОРОНА ПРАЦІ**

## ЗМІСТ

Вступ.....	7
1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі. Опис конструктивних особливостей деталі та умов її експлуатації.....	8
2 Аналіз технічних вимог та виявлення технологічних задач при виготовленні деталі.....	14
3 Визначення типу та форми організації виробництва .....	17
4 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	23
5 Вибір способу отримання заготовки та розробка технічних вимог до неї.....	24
6 Аналіз існуючого чи типового технологічного процесу.....	28
6.1 Розрахунок припусків на механічне оброблення .....	28
6.2 Аналіз та обґрунтування схем базування і закріплення заготовки .....	30
6.3 Обґрунтування вибору металорізальних верстатів.....	32
6.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів .....	34
6.5 Розрахунок режимів різання.....	36
6.6 Технічне нормування.....	43
7 Проектування верстатного пристрою .....	47
висновок .....	55
Перелік джерел посилання .....	
Додаток А – Креслення заготовки.....	
Додаток Б - Маршрутний технологічний процес.....	
Додаток В – Креслення наладки .....	
Додаток Д – Креслення спеціального пристрою .....	
Додаток Е - Специфікація .....	
Додаток Ж – Креслення деталі шпindelь «Шпindelь УТП 4300.00.06».....	
Додаток К – Розрахунок припусків .....	
Додаток Л – Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.....	

					ТМ 20510058-00.ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Омеляненко			Проектування технологічного процесу виготовлення шпindelя УТП 4300.00.06	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Кушніров				К	Р	Б
Реценз.						6 67		
Н. Контр.		Євтухов				СумДУ, ТМ-01/1		
Утверд.		Іванов						

## ВСТУП

Промисловість виступає як одна з ключових сфер економіки, що тісно взаємодіє з науково-технічним прогресом та має значущий вплив на рівень суспільного розвитку. Це галузь матеріального виробництва, об'єднана в комплексі підприємств, таких як фабрики, заводи, електростанції, шахти, рудники та інші, де виробляють засоби праці та різноманітну продукцію як для внутрішнього споживання промисловості, так і для інших галузей економіки. Окрім того, в цій галузі здійснюється видобуток сировини і палива, виробництво енергії, лісозаготівля, обробка та переробка продукції, отриманої як в промисловості, так і в сільському господарстві.

Вагонобудування в Україні має давню історію, яка бере свій початок у ХІХ столітті. У радянські часи галузь розвивалася стрімко, і Україна стала одним із найбільших виробників залізничного рухомого складу у світі. Однак після розпаду СРСР вагонобудування в Україні, як і багато інших галузей промисловості, зазнало занепаду.

На сьогодні в Україні працює понад 18 підприємств, що спеціалізуються на вагонобудуванні. Найбільшими з них є Крюківський вагонобудівний завод, Дніпровагонмаш, Стахановський вагонобудівний завод та Азовзагальмаш.

У 2023 році в Україні було вироблено понад 10 тисяч вантажних вагонів, що на 40% більше, ніж у попередньому році. У сегменті пасажирських вагонів спостерігається менший, але також позитивний тренд. У 2023 році було виготовлено понад 2 тисячі пасажирських вагонів, що на 15% більше, ніж у 2022 році.

Важливим фактором, який сприяє розвитку вагонобудування в Україні, є міжнародна співпраця. Зокрема, українські підприємства співпрацюють з компаніями з Німеччини, Польщі, Китаю та інших країн.

За прогнозами експертів, вагонобудування в Україні має значні перспективи розвитку. Галузь має потенціал для збільшення обсягів виробництва та експорту продукції.

					ТМ 20510058-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

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

«Шпindel» входить до складу крану кульового роз'єднувального 4300В.

Шпindel служить для для повороту кульової заслонки і встановленої на ній ручки.

Кран 4300В застосовується на залізничному транспорті для включення та вимикання пневматичних приладів гальмівної системи. Кран має два штуцери з діаметром 19 мм, які з'єднані між собою шаровим клапаном. Клапан має два положення: відкрите та закрите. У відкритому положенні клапан дозволяє повітряю проходити з одного штуцера в інший, у закритому положенні — перекриває прохід повітря.

Кран 4300В застосовується для наступних цілей:

- Увімкнення і вимкнення гальмівної магістралі
- Увімкнення і вимкнення пневматичного приводу гальмівного циліндра
- Увімкнення і вимкнення пневматичного приводу запірною пристрою

Кран 4300В має важливе значення для безпеки руху поїздів. Він забезпечує герметичність гальмівної системи та запобігає її розгерметизації.

Основні характеристики крана приведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Технічні характеристики крана

Максимальний робочий тиск, МПа	1,0
Умовний прохід, Ду, мм	20
Діаметр атмосферного отвору, мм	4
Приєднувальні різьби	G 3/4 - В
Маса, кг	1,2



Для забезпечення нормальної роботи не повинно бути пропускання повітря у місцях з'єднань та через матеріал корпусу та штуцера за рахунок відповідної точності форми і розташування поверхонь, а так само якості поверхонь (відповідної шорсткості) складальних одиниць крану.

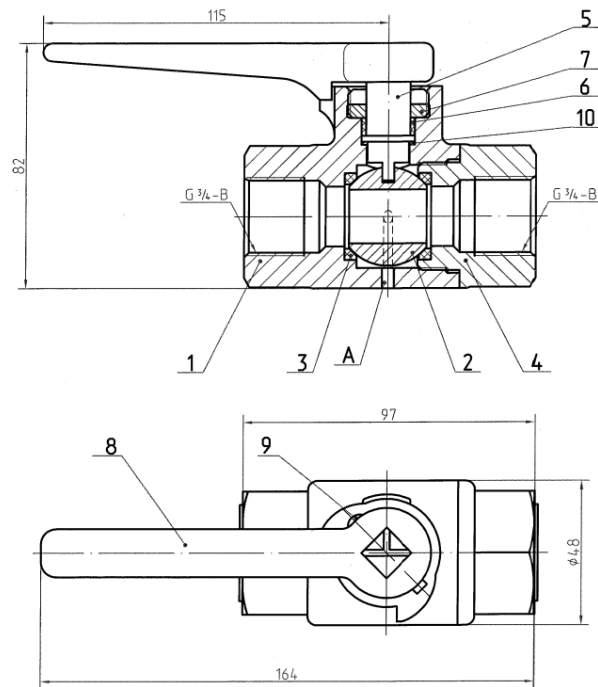


Рисунок 1.1 – Будова вузла

Кран складається з наступних основних деталей 1 - корпус, 2 - кульова заслінка, 3 - кільця ущільнювачів, 4 - штуцер, 5 - шпindelь, 6 - втулка, 7 - гайка, 8 - ручка, 9 - заклепка, 10 - прокладка, А – атмосферний отвір.

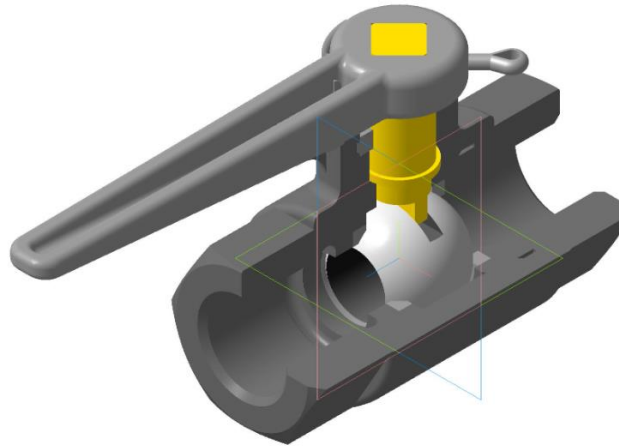


Рисунок 1.2 – Кран 4300В

Принцип роботи:

Кран є запірним пристроєм з плаваючою кульовою заслінкою. Поворот кульової заслінки здійснюється за допомогою шпинделя та встановленої на ньому ручки. Кран має два робочі положення:

- 1) ручка вздовж осі крана (трубопроводу) кран відкритий;
- 2) ручка перпендикулярна до осі крана (трубопроводу) кран закритий, при цьому відбувається випуск повітря в атмосферу із патрубку корпусу через атмосферний отвір.

При експлуатації кранів необхідно дотримуватись температурного режиму, на який вони розраховані: від мінус 60 до плюс 60 °С, та короткочасне (4 години) вплив температури 120 °С.

При недотриманні температурного режиму кільця ущільнювачів втрачають пружні властивості, що призводить до негерметичності кранів.

Розглянемо безпосередньо саму деталь, службове призначення деталі «Шпindel».

										Лист
										10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ТМ 20510058-00.ПЗ

На деталі «Шпиндель» можна виділити такі поверхні рисунок 1.3.

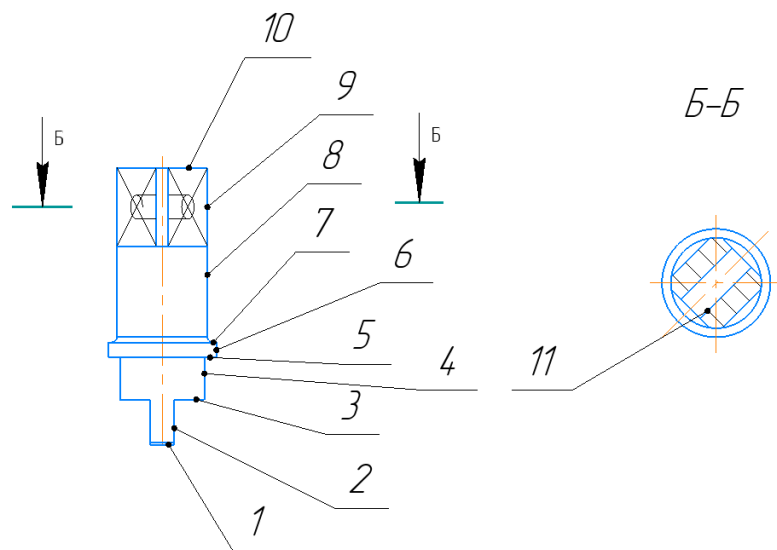


Рисунок 1.3 – Поверхні деталі «Шпиндель»

Проаналізуємо службове призначення кожної поверхні деталі.

-Основні конструкторські поверхні (4, 9) - це ті, на які деталь опирається в складі вузла. Їх можна уявити як "опори", що фіксують деталь у просторі.

-Допоміжні конструкторські поверхні (2, 3, 5, 6, 7, 8, 11) слугують для позиціонування інших деталей відносно "Шпинделя". Це своєрідні "орієнтири", що допомагають правильно зібрати вузол.

-Виконавчі поверхні (1, 2, 9) - безпосередньо контактують з іншими елементами механізму і забезпечують його роботу.

-Вільні поверхні (10) - не відіграють ключової ролі в роботі деталі. Їх використовують для надання жорсткості конструкції, створення необхідної форми, а також для розміщення технологічних отворів і канавок.

Враховуючи обмеження деталі «Шпиндель» у вузлі можна зробити висновок, що деталь позбавлена п'яти ступенів вільності, рисунок 1.4, таблиця 1.2 та 1.3.

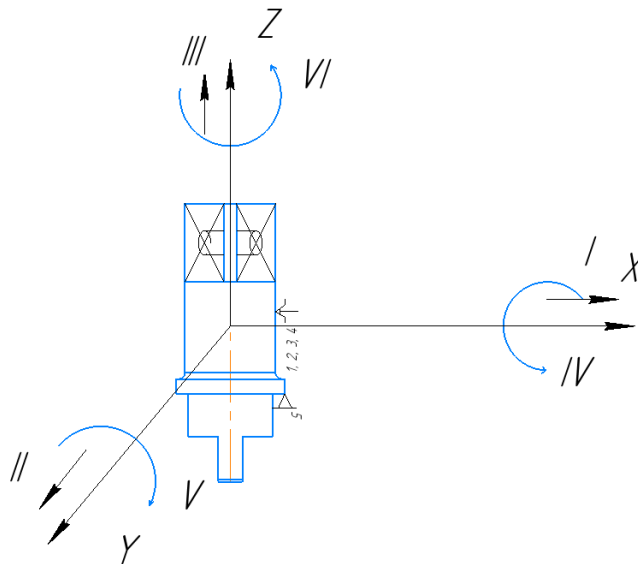


Рисунок 1.4 - Базування деталі в вузлі

Таблиця 1.2 - Таблиця відповідності

Зв'язки	Ступені вільності	Назви баз
5	III	Опорна база
1,2,3,4	I, II, IV, V	Подвійна напрямна

Таблиця 1.3 – Матриця зв'язків

X,y,z/l, $\alpha$	X	Y	Z	Назви баз
$l$	0	0	1	Опорна база
$\alpha$	0	0	0	
$l$	1	1	0	Подвійна напрямна
$\alpha$	1	1	0	

Проаналізувавши матриці можна сказати про те, що деталь в вузлі буде позбавлена п'яти ступенів вільності,  $\Sigma=4+1=5$  ступенів.

Таблиця 1.4 – Характеристика поверхонь деталі «Шпindelь»

Номер поверхні	Опис поверхні
4, 9	Циліндрична зовнішня поверхня і квадрат які виконують функціональне призначення.
10	Вільні поверхні
1, 2	Поверхня по якій базується кулькова заслінка, Ra=6,3 мкм
8, 5	Поверхні по яким деталь базується в вузлі,
3, 6, 7	Тореці деталі, слугують для базування для базування інших деталей, Ra=6,3
11	Отвір Ø4,5 мм для базування деталі у вузлі, Ra=12,5 мкм

Поверхня 10 не має жодних обмежень, тому відповідно до технічних вимог до деталі, допуски на цю категорію розмірів встановлюються за 14 квалітетом точності (ГОСТ 25346-82) та виконуються з шорсткістю Ra=12,5 мкм.

Висновок: Розглянутий кран призначений для застосування у гальмівних пневматичних системах. Шпindelь в свою чергу необхідний для здійснювання кутового зміщення отвору запірнього пристрою навколо осі.

## 2 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ ТА ВИЯВЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАДАЧ ПРИ ВИГОТОВЛЕНІ ДЕТАЛІ

Деталь виготовляється відповідно до її призначення, що визначається технічними вимогами та умовами.

Аналіз робочого креслення показує, що всі проекції та перерізи деталі відповідають стандартам і розміщені правильно. На кресленні позначені всі необхідні технічні параметри деталей, такі як розміри, їх точність та шорсткість поверхонь.

Креслення оформлене у відповідності до Єдиної системи конструкторської документації (ЄСКД) та відповідає всім актуальним стандартам:

- ГОСТ 2.109-73 "Основні вимоги до креслень": загальні вимоги до виконання та оформлення креслень.
- ГОСТ 2.305-68 "Зображені види, розміри, перерізи": правила виконання та позначення видів, розмірів, перерізів на кресленнях.
- ГОСТ 2.307-68 "Нанесення розмірів і граничних відхилень": правила нанесення розмірів, граничних відхилень та інших позначень на кресленнях.
- ГОСТ 2.309-73 "Шорсткість поверхні. Параметри, характеристики і позначення": правила позначення шорсткості поверхонь на кресленнях.
- ГОСТ 2.308:2013 "Допуски норми і розташування поверхонь. Числові значення": числові значення допусків, норм та розташування поверхонь.

Деталь "Шпindel", що належить до типових деталей типу шпindel, виготовляється з конструкційної сталі 20, яка відповідає стандарту ГОСТ 1050-88.

Відповідно до ГОСТ 1050-88 хімічний склад, механічні та фізичні властивості представлені в таблиці 2.1 та 2.2.

Матеріали замітники: конструкційної сталі 15 ГОСТ 1050-88.

					ТМ 20510058-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

Таблица 2.1 – Хімічний склад конструкційної сталі 20 ГОСТ 1050-88., у відсотках

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	As
0,17-0,24	0,17-0,37	0,35-0,65	не більше 0,30	не більше 0,035	не більше 0,030	не більше 0,25	не більше 0,30	не більше 0,08

Таблица 2.2 – Механічні властивості конструкційної сталі 20 ГОСТ 1050-88.

Сортамент	Розмір	$\sigma_B$	$\sigma_T$	$\delta_5$	$\psi$
-	мм	МПа	МПа	%	%
Прут, ДСТУ 7417	Ø 3-100	245	410	25	55

Деталь виготовлена зі сплаву сталь 20. Цей матеріал обраний не випадково: він не схильний до утворення флокенів та володіє високою стійкістю до релаксації. Застосування дорожчого матеріалу не дає суттєвих переваг, адже призведе до значного зростання собівартості.

Основним фактором руйнування деталей цього типу є постійне кутове переміщення. З огляду на умови експлуатації та механічні властивості, сталь 20 є оптимальним вибором.

Аналіз технічних вимог до деталі «Шпиндель»:

Конструктор визначив матеріал для заміни – конструкційну сталь 15 (ГОСТ 1050-88), враховуючи ключову роль деталі та навантаження, яким вона піддається в процесі експлуатації. Використання саме цього матеріалу є критично важливим, оскільки недотримання вимог може призвести до пошкодження деталі, виготовленої з іншого матеріалу. Порівняльний аналіз показує, що сталь 15 має приблизно однакові механічні властивості з основною сталлю, що робить їх взаємозамінними.

									Лист
									15
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ТМ 20510058-00.ПЗ				

Таблиця 2.3 – Технічні вимоги до креслення

№ поверхні	Технічні вимоги	
	Шорсткість, Ra	Допуски форм
1, 6, 10, 11	12,5	Симетричності
2, 3, 4	6,3	Симетричності
5, 7, 9	3,2	-
8	1,25	-

Аналіз точності та якості поверхні деталі показує, що її функціональне призначення тісно залежить від якості основних поверхонь, які переносять навантаження або є виконавчими.

Аналіз додаткових технічних вимог, що пред'являються конструктором до деталі «Шпindelь»:

- 1) Покриття зовнішньої поверхні Ц9 хр. Допускається відсутність цинкового покриття на внутрішній поверхні деталі;
- 2) Не вказані на кресленні деталі граничні відхилення розмірів: h14;
- 3) \*- Розмір для довідок.

Висновок:

Підбиваючи підсумок аналізу креслення деталі та технічних вимог, які конструктор висунув, можна визначити, що до деталі пред'явлені високі вимоги щодо точності, якості та допусків форми та розміщення поверхонь. Це виявляється, зокрема, на поверхні 8, квалітету 6 яка і має шорсткість 1,25 мкм по критерію Ra.



### 3 ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ТА ФОРМИ ОРГАНІЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА

Тип виробництва визначається за допомогою коефіцієнта закріплення операцій ( $K_{zo}$ ). Для розрахунку  $K_{zo}$  використовуються такі вихідні дані: існуючий технологічний процес виготовлення секції, річна програма випуску виробів у кількості  $N = 1500$  одиниць, та норми штучно-калькуляційного часу ( $T_{шт-к}$ ) для всіх механічних операцій технологічного процесу. Вихідні дані та розрахунок коефіцієнта закріплення операцій ( $K_{zo}$ ) наведені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Розрахунок коефіцієнта закріплення операцій

Номер операції	Найменування операції	$T_{шт-к}$ , хв	$m_p$	$P$	$\eta_{з.ф.}$	$0$
015	Токарна з ЧПК	3,2	0,024	1	0,024	33,3
020	Токарна з ЧПК	5,4	0,042	1	0,042	19
025	Фрезерна з ЧПК	9	0,051	1	0,051	15,7
035	Фрезерна з ЧПК	2,2	0,017	1	0,017	47
045	Вертикально - свердлильна	16,8	0,13	1	0,13	6,15
055	Шліфування	4,6	0,035	1	0,035	22,8
	Усього	38,88	-	6	-	143,95

Для початку потрібно визначити річну програму випуску деталі. Використуємо формулу:

$$N_p = N * m + \beta = 1500 * 1 + 0 = 1500, \quad (3.1)$$

Де  $N = 1500$  шт. – річна програма випуску виробів;

$m = 1$  шт. – загальна кількість розглянутих деталей у виробі;

$\beta = 0$  – запланована кількість запасних частин.

Визначаємо коефіцієнт закріплення операцій.

									Лист
									17
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

ТМ 20510058-00.ПЗ

Тип виробництва на підприємстві визначається за допомогою коефіцієнта закріплення операцій ( $K_{з.о.}$ ). Цей коефіцієнт показує, скільки технологічних операцій, необхідних для виготовлення деталі, припадає на одне робоче місце.

Розраховується  $K_{з.о.}$  за наступною формулою:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P}, \quad (3.2)$$

Де  $\sum O$  – сумарна кількість технологічних операцій;

$\sum P$  – сумарна кількість робочих місць, на яких виконується операції.

Тривалість технологічних операцій базового процесу фіксується в таблиці 3.1. Ці дані ґрунтуються на нормативних показниках та враховують оптимальні умови роботи.

Аналіз базового технологічного процесу свідчить про те, що він складається з 6 окремих операцій.

Для визначення необхідної кількості верстатів для виконання кожної операції використовується наступна формула:

$$m_p = \frac{N_p * T_{ш-к}}{60 * F_d * \eta_{з.н.ср.}}, \quad (3.3)$$

Де  $F_d = 4015$  год. – дійсний річний фонд часу роботи обладнання;

$\eta_{з.н.ср.} = 0,8$  – середнє значення нормативного коефіцієнта експлуатації обладнання

Для першої технологічної операції №015 «Токарна з ЧПК» розрахункова кількість верстатів дорівнює:

$$m_p = \frac{1500 * 3,2}{60 * 4015 * 0,8} = 0,024$$

					ТМ 20510058-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

Кількість робочих місць ( $P$ ) знаходимо шляхом округлення розрахункового значення  $m_p$  до найближчого цілого числа в більшу сторону. Результати розрахунків для всіх операцій механічної обробки, виконаних аналогічним чином, представлені в таблиці 3.1. Наступним кроком є визначення фактичного коефіцієнту завантаження обладнання.

$$\eta_{з.ф.} = \frac{m_p}{P}, \quad (3.4)$$
$$\eta_{з.ф.} = \frac{0,024}{1} = 0,024$$

Дані про розрахунки для інших операцій механічної обробки, що отримані подібним способом, представлені в таблиці 3.1.

Обчислюємо кількість технологічних процесів, що здійснюються на одному робочому місці.

$$O = \frac{\eta_{з.н.ср.}}{\eta_{з.ф.}}, \quad (3.5)$$
$$O = \frac{0,8}{0,024} = 33,3$$

Результати, що отримані подібним чином для всіх інших операцій механічної обробки, збираємо та систематизуємо у таблиці 3.1.

Значення ( $K_{з.о.}$ ) визначаємо за формулою (3.1):

$$K_{з.о.} = \frac{143,95}{6} = 23,9$$

Отримане значення коефіцієнта закріплення операцій знаходиться в межах 20-40, що відповідає дрібносерійному типу виробництва, згідно з нормативними показниками.

Визначення форми організації виробництва

Визначаємо величину добового випуску деталей:

										Лист
										19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

$$N_{\text{доб}} = \frac{N_p}{c}, \quad (3.6)$$

$$N_{\text{доб}} = \frac{1500}{253} = 5,92.$$

Де  $c$  - запланована кількість робочих днів у поточному році, яка дорівнює 253.

Для розрахунку добового фонду робочого часу обладнання використовують формулу:

$$F_{\text{доб}} = \frac{60 * F_d}{253}, \quad (3.7)$$

$$F_{\text{доб}} = \frac{60 * 4015}{253} = 952,2.$$

Розраховуємо середній час, необхідний для виконання однієї технологічної операції механічної обробки, хв:

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

$$T_{\text{ср}} = \frac{38,88}{6} = 6,48$$

де  $n=6$  – кількість технологічних операцій.

Знаходимо добову продуктивність потокової лінії при завантаженні на 60%:

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

$$Q_{\text{доб}} = \frac{952,2}{6,48} * 0,6 = 88,16.$$

Порівняння  $N_{\text{доб}} = 5,92 < Q_{\text{доб}} = 88,16$  свідчить про те, що добовий випуск деталей значно поступається добовій продуктивності потокової лінії при 60%-му

					ТМ 20510058-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

завантаженні. Це робить однономенклатурну потокову лінію не вигідним рішенням.

Визначаємо такт випуску

Для розрахунку такту випуску деталей використовуємо формулу:

$$\tau = \frac{60 * F_{\text{год}}}{N_{\text{год}}}, \quad (3.10)$$

$$\tau = \frac{60 * 4015}{1500} = 160,6, \text{ хв}$$

Партія запуску визначається за формулою:

$$N_{\text{пар.з.}} = N_{\text{доб}} * a, \quad (3.11)$$

$$N_{\text{пар.з.}} = 5,92 * 21 = 124,32$$

де  $a = 21$  день – періодичність виробництва партій деталей

Кількість деталей у кожній партії, що запускається у виробництво, становить 125 штук.

Коротка характеристика обраного типу виробництва.

Дрібносерійне виробництво - це тип виробництва, при якому вироби виготовляються невеликими партіями або серіями, що складаються з однотипних, однакових за конструкцією та розмірами виробів. Основною ідеєю цього типу виробництва є виготовлення всієї партії (серії) цілком як у процесі обробки, так і на етапі збірки.

Особливості дрібносерійного виробництва:

- Характерна риса дрібносерійного виробництва - це випуск обмеженого асортименту товарів періодично повторюваними партіями.
- Великий обсяг випуску: дрібносерійне виробництво характеризується великим обсягом випуску кожної партії (серії).
- Високі вимоги до якості: дрібносерійне виробництво характеризується високими вимогами до якості виробів, що виготовляються.

					ТМ 20510058-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

- Високий рівень кваліфікації робітників: дрібносерійне виробництво вимагає високого рівня кваліфікації робітників, які повинні вміти виконувати різні операції на різних верстатах.

Обладнання для дрібносерійного виробництва:

Для реалізації дрібносерійного виробництва використовується різноманітне обладнання, як універсальне, так і спеціалізоване. Широко застосовуються верстати з числовим програмуванням (ЧПУ), оброблювальні центри та гнучкі автоматизовані системи.

Використання устаткування:

Розташування обладнання в дрібносерійному виробництві визначається технологічними групами з урахуванням основних вантажопотоків в цеху та специфіки окремих робочих зон.

Технологічна оснастка:

Технологічна оснастка в основному є універсальною, а велике поширення має універсально-збірна.

В рамках загального та середнього машинобудування дрібносерійне виробництво займає домінуючу позицію. До нього належать: верстатобудування;

- насособудування;
- виробництво компресорів;
- виробництво устаткування для лісової промисловості;
- виробництво обладнання для комунального господарства;
- транспорту і т.д.

Як видно з вищевикладеного, дана галузь присутня в переліку, тому вибір типу виробництва цієї деталі є цілком обґрунтованим.

					ТМ 20510058-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

#### 4 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ

Деталь "Шпindelь" має просту циліндричну форму, прості геометричні форми з доступними для обробки поверхнями, що робить її виготовлення економічно вигідним.

Використання матеріалу, який легко піддається обробці, чітко проставлені розміри на кресленні, можливість використання жорстких поверхонь деталі як технологічних баз мінімізують помилки та деформації під час виготовлення.

Завдяки вищезазначеним характеристикам, для виготовлення деталі "Шпindelь" можна використовувати високопродуктивні методи механічної обробки.

Важливо правильно спроектувати та виготовити деталь, щоб максимально використовувати переваги простої конструкції та отримати деталь з високими технічними характеристиками та тривалим терміном служби.

До нетехнологічних елементів деталі можна віднести:

1) зовнішня циліндрична поверхня D15h6, оскільки для отримання шостого квалітету точності потрібно не менше чотирьох стадій обробки (кругле шліфування включно), що ускладнює виготовлення деталі;

2) проточки з шириною 1,2 мм та R1 мм, оскільки це занадто дрібні поверхні, що також ускладнює виготовлення деталі;

3) дрібні розміри самої деталі, що не дозволяє мати розвинені базові поверхні для базування та для надійного закріплення заготовки при обробленні.

Інші поверхні є технологічними, з вільним доступом інструментів для обробки та виходом інструменту (відсутні "глухі" або закриті елементи - все обробляється "напрохід").

					ТМ 20510058-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

## 5 ВИБІР СПОСОБУ ОТРИМАННЯ ЗАГОТОВКИ ТА РОЗРОБКА ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ ДО НЕЇ

Для оптимізації використання матеріалу та зменшення витрат на механічну обробку, важливо, щоб форма заготовки максимально відповідала конфігурації готової деталі. Виготовлення заготовки повинно бути мінімально трудомістким та економічно ефективним. Це передбачає зниження трудовитрат та витрат на виробництво заготовки. Додатково, форма заготовки повинна забезпечувати можливість обробки з мінімальною кількістю установок та використанням мінімальної кількості ріжучого інструменту. Матеріал заготовки повинен бути вільний від дефектів, таких як тріщини, пористість та розшарування.

Дану деталь можна отримувати наступними способами:

- сортний прокат;
- гаряче штампування.

Для виготовлення заготовки використовується річна програма випуску деталей, яка становить 1500 штук. Матеріалом деталі слугує сталь 20 ГОСТ 1050-88, а тип виробництва – дрібносерійний.

На заводі шпидель виготовляється з круглого прутка діаметром 20 мм, з допустимими відхиленнями від +0,4 мм до -0,5 мм, та довжиною 830 мм. Цей пруток є груповою заготовкою, яку потім розрізають на окремі (штучні) заготовки.

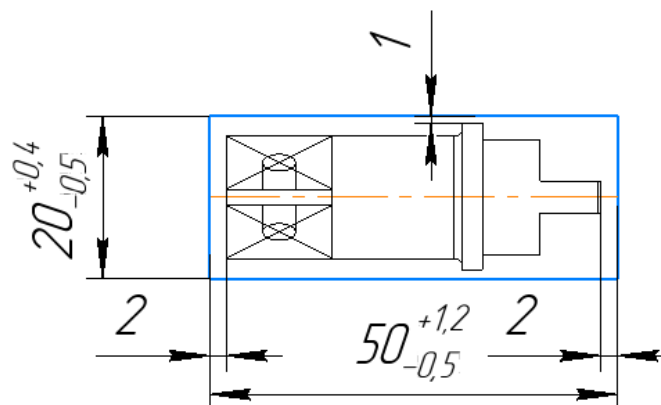


Рисунок 4.1 – Ескіз заготовки

Визначимо вартість  $S_{\text{заг}}$  заготовки із круглого прокату за формулою:

$$S_{\text{заг}} = M + \Sigma C_0, \quad (5.1)$$

						ТМ 20510058-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			24



Де М – витрати матеріалу заготовки, грн;

$C_0$  – витрати на розрізання прутків для отримання штучних заготовок, грн.

$$M = Q * S - (Q - q) - \frac{S_{отрх}}{1000}, \quad (5.2)$$

$$M = 1,23 * 56 - (1,23 - 0,63) - \frac{1000}{1000} = 67,28 \text{ (грн)}$$

Де  $Q = 1,23$  кг – маса заготовки із прокату;

$$Q = \frac{\pi * D^2}{4} * L * j, \quad (5.3)$$

$$Q = \frac{3,14 * 2^2}{4} * 5 * 7,85 = 1,23$$

Де  $D = 20$  мм – діаметр прутка;

$L = 50$  мм – довжина окремої заготовки із прутка;

$J = 7,85$  г/см<sup>3</sup> – питома щільність матеріалу;

$S = 56$  грн – ціна одного кілограму матеріалу заготовки;

$q = 0,63$  кг – маса деталі за кресленням;

$S_{отх} = 1000$  грн – ціна однієї тони відходів.

$$C_0 = \frac{C_{пз} * T_{шт}}{60 * 100}, \quad (5.4)$$

$$C_0 = \frac{121 * 1,56}{60 * 100} = 0,03146$$

Де  $C_{пз} = 121$  коп/г наведені витрати за одну годину роботи обладнання

Тривалість відрізання заготовки на круглопилльному верстаті моделі 8А631А розраховується за формулою:

$$T_0 = \frac{L_p * i}{S_M}, \quad (5.5)$$

					ТМ 20510058-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

$$T_0 = \frac{30 * 1}{78,8} = 0,38 \text{ хв},$$

Де  $L_p = L_o + L_{вр} + L_{пер} = 20 + 5 + 5 = 30$  мм – довжина заготовки врізання і перебіг різального інструменту при відрізання заготовки діаметром 20 мм;

$i = 1$  – кількість рухів інструменту

$$S_M = S_Z * Z * n_{фр}, \quad (5.6)$$

$S_M = 0,05 * 80 * 19,7 = 78,8 \frac{\text{мм}}{\text{хв}}$  – хвилинна подача стола верстата;

$S_Z = 0,05$  мм/зуб – подача на один зуб фрези (для фрез  $D_{фр} = 315$  мм;  $Z = 80$  зубця;  $B = 4,0$  мм згідно ГОСТ 2679-73

$T_{шт}$  – штучний час операції, де розрізають прутку на окремі заготовки, хв.

$$T_{шт} = T_0 + T_d + T_{об} + T_{пер}, \quad (5.7)$$

$$T_{шт} = 0,38 + 0,6 + 0,58 = 1,56 \text{ хв},$$

$$T_{об} + T_{пер} = 6\% * T_{оп} = 6\% * (T_0 + T_d), \quad (5.8)$$

$T_{об} + T_{пер} = 0,6 * (0,38 + 0,6) = 0,58$  хв – час обслуговування робочого місця і час відпочинку.

$$S_{заг} = 67,28 + 0,03146 = 67,3114 \text{ грн.}$$

У технологічному процесі розробки даного проекту розглядається можливість виготовлення заготовки за допомогою штампування на гарячокатаному металі (з використанням індукційного нагрівання заготовок).

Визначимо вартість заготовки  $S_{заг}$ , яка отримана гарячим штампуванням на ГKM:

$$S_{заг} = \left( \frac{S}{1000} * Q_{п} * K_T * K_C * K_B * K_M * K_{п} \right) - (Q_{п} - q) * \frac{S_{від}}{1000}, \quad (5.9)$$

						ТМ 20510058-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			26

Де  $Q_{п} = 1,008$  кг – маса заготовки отриманої пресуванням ГОСТ 7505-89;

$K_T = 1,0$  - коефіцієнт, що залежить від класу точності поковки;

$K_C = 0,75$  – коефіцієнт, що враховує групу складності штамповки;

$K_B = 1,33$  – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки;

$K_M = 1,13$  – коефіцієнт, що враховує масу заготовки;

$K_{п} = 1,0$  – коефіцієнт, що враховує об'єм виробництва.

$$S_{заг} = \left( \frac{56000}{1000} * 1,008 * 1 * 0,75 * 1,33 * 1,13 * 1 \right) - (1,008 - 0,63) * \frac{280}{1000} = 73,52 \text{ (грн)}$$

Проаналізуємо два способи отримання заготовок: із прокату та шляхом штампування на ГКМ.

$$S_{заг} = 67,3114 \text{ грн} < S_{заг} = 73,52 \text{ грн}$$

Річна економія одного методу в порівнянні з іншим:

$$E = (73,52 - 67,3114) * 1500 = 9312,9 \text{ (грн)}$$

Приймаємо заготовку, яка одержана методом прокату.

										Лист
										27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ТМ 20510058-00.ПЗ

## 6 АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО ЧИ ТИПОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

### 6.1 Розрахунок припусків на механічне оброблення

Для одного з найточніших діаметральних розмірів деталі  $\varnothing 15h6$  проведемо розрахунок припусків та допусків за методом професора В.М. Кована.

Таблиця 6.1 – Маршрут оброблення

Стадія оброблення	Квалітет	Допуск	Ra мкм	Елементи припуску (мкм)				
				Rz	T(h)	$\rho$	E6	E3
1. Заготовка		$\frac{+0,3}{-0,5}$	100	-	-	-		-
2. Чорнове точіння	h16	$\frac{0}{-1,1}$	50	125	150	25	50	60
3. Н/ч точіння	h12	$\frac{0}{-0,18}$	50	125	120	1,5	50	30
4. Чистове точіння	h8	$\frac{0}{-0,027}$	6,3	63	60	1,25	0	0
5. Шліфування	h6	$\frac{0}{-0,011}$	1,25	32	30	1,0	0	0

Згідно з таблицями-підказками програми «Prirusk», просторове відхилення:

$$\rho_{\text{заг.}} = K \cdot L, \quad (6.1)$$

де  $K = 0,50$  – величина удельной кривизни проката, мкм/мм;

$L = 50$  – довжина заготовки, мм;

Тоді:

$$\rho_{\text{заг.}} = 0,5 \cdot 50 = 25 \text{ (мкм)}$$

Величина просторового відхилення форми на кожній операції

Розраховуються за формулою:

$$\rho_i = \rho_{\text{заг.}} \cdot K_y, \quad (6.2)$$

									Лист
									28
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

де,  $K_u$  - це коефіцієнт уточнення: після чорної обробки - 0,06 мм, напівчистої обробки – 0,05 мм, чистої обробки – 0,04 мм.

$$\rho_{\text{чорн}} = 25 \cdot 0,06 = 1,5 \text{ (мкм)}$$

$$\rho_{\text{н/ч}} = 25 \cdot 0,05 = 1,25 \text{ (мкм)}$$

$$\rho_{\text{чист}} = 25 \cdot 0,04 = 1,0 \text{ (мкм)}$$

Визначаємо похибку встановлення (похибка базування та похибка закріплення):

Точіння чорнове – 50 мкм та 60 мкм;

Точіння напівчистове – 50 мкм та 30 мкм;

Точіння чистове – 0;

Шліфування – 0.

Роздрук результатів розрахунку комп'ютерної програми наведено у додатку А.

Маємо розмір поверхні заготовки для  $\varnothing 15h6$ :

номінальний розмір (діаметр) з відхиленнями:  $20(+0,3)/(-0,5)$  мм;

$$d_{\text{max заг}} = 20,3 \text{ мм};$$

$$d_{\text{min заг}} = 19,5 \text{ мм}.$$

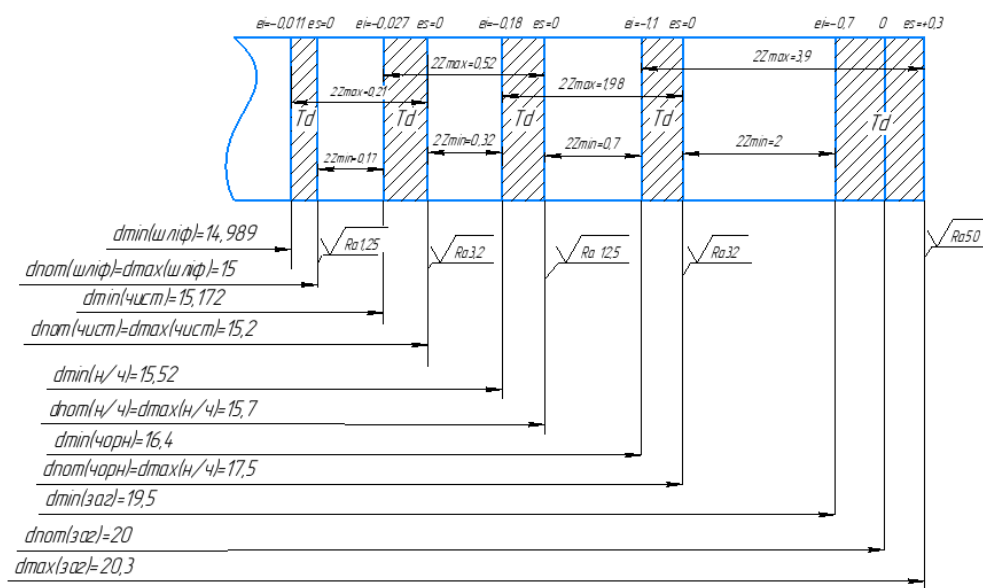


Рисунок 6.1 – Схема розташування припусків і допусків на розмір

									Лист
									29
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

## 6.2 Аналіз та обґрунтування схем базування і закріплення заготовки

### Вертикально-свердлильна операція (№045).

На операції відбувається свердління наскрізного отвору  $\varnothing 4,5$  мм з одного установу. Розглянемо базування заготовки в трьох кулачковому патроні, рисунок 5.1. Дана схема передбачає встановлювальну та подвійну опорну базу, заготовка буде полишена п'яти ступенів вільності, вільним залишиться лише один зв'язок обертання навколо вісі заготовки.

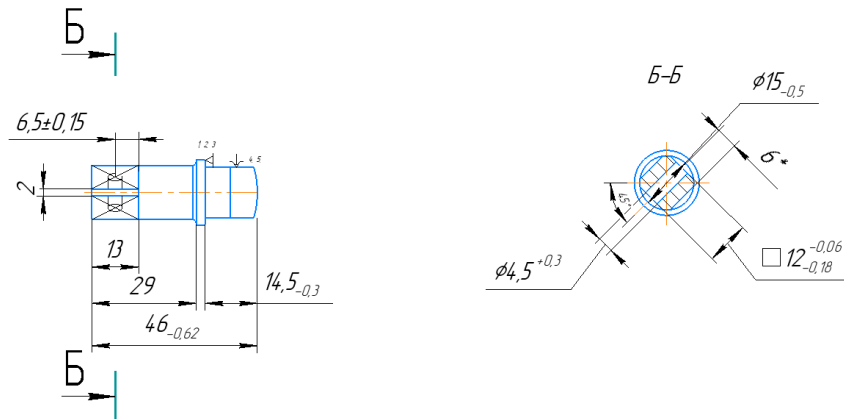


Рисунок 6.1 – Схема базування заготовки в трикулачковому патроні

Розглянемо похибку базування вздовж осі деталі – для витриманого на операції розміру 6,5.

$$E_{6,5} = T_{14,5} + T_{46} + T_{13} = 0,3 + 0,62 + 0,43 = 1,35 \text{ (мм)}$$

Величина похибки є занадто великою, що перевищує допуск на розмір 6,5:  $T_{6,5} = 0,3$  мм. Для забезпечення відповідності розмірів допуску 6,5 на операції, можна вжити або зміну схеми базування для зменшення похибки базування, або коригування положення центру оброблюваного отвору вздовж осі деталі, або зменшення відхилень. Зміна розмірів на робочому кресленні деталі "Шпиндель" не можлива.

Розглянемо похибку базування в радіальному напрямку (розмір б).

При встановленні в трикулачковому самоцентруючому патроні заготовки з чисто обробленою базою, маємо похибку в радіальному напрямку:

$$E_{б\ б} = 50 \text{ мкм} = 0,05 \text{ мм,}$$

					ТМ 20510058-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

що є меншим за допуск розміру б, тобто точність в даному випадку задовольняє.

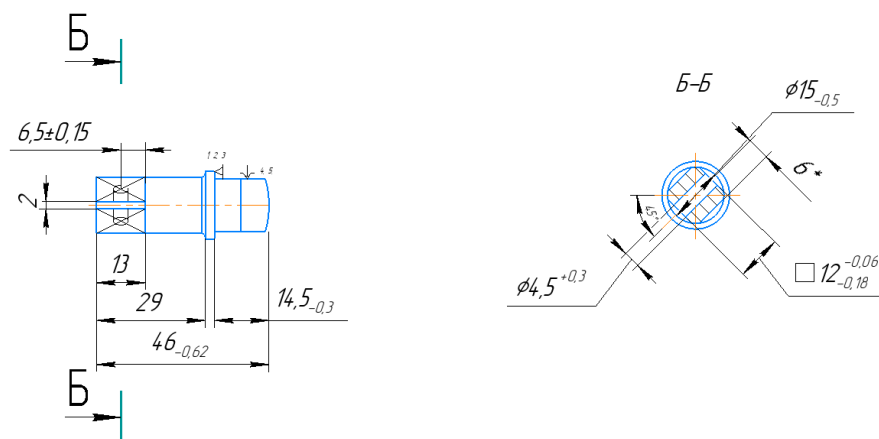


Рисунок 6.2 – Схема базування заготовки в призмі

Оскільки схема базування в призмі є ідентичною з попередньою, то і похибка базування в торцевому напрямку буде такою ж самою.

Похибку базування в радіальному для призми напрямку можна знайти, використовуючи формулу:

$$E_{66} = 0,5 * T_{12} * D \left( \frac{1}{\sin \alpha} + 1 \right), \quad (6.3)$$

$$E_{66} = 0,5 * 0,12 * 12 \left( \frac{1}{\sin 60^\circ} + 1 \right) = 1,55 \text{ (мм)}$$

що є більшим за допуск розміру б, тобто точність в даному випадку не задовольняє.

Розглядаючи дані способи закріплення надамо перевагу першому способу.

Фрезерна з ЧПК (№025)

На операції 025 відбувається обробка поверхонь, зображених на рисунку 6.3.

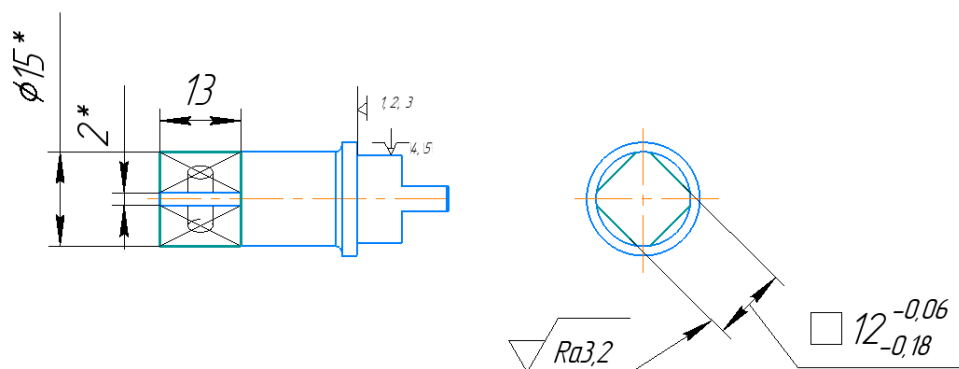
Заготовка буде встановлюватися та фіксуватися в трикулачковому самоцентруючому патроні за зовнішню циліндричну поверхню Ø14 мм з допусками (-0,05;-0,16) мм, використовуючи торець Ø18 мм як упор. Торець Ø14 мм з допусками (-0,05;-0,16) мм та діаметр Ø18 мм виконують функції базових поверхонь, які жорстко фіксують заготовку, позбавляючи її п'яти ступенів

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						31

вільності, є відповідно встановлювальною та подвійно-опорною базами. Ці поверхні є єдиними базовими для даної операції.

Похибка базування в такому пристрої згідно технічних довідників буде становити (похибка трикулачкового патрона):

$$E_6 = 0,1 \text{ мм} = 100 \text{ мкм}$$



\* Розміри для довідок

Рисунок 6.3 - Схема базування заготовки в трикулачковому патроні

### 6.3 Обґрунтування вибору металорізальних верстатів

Для обробки отвору на операцію свердління (№045) були розглянуті два вертикально оброблювальних верстатів 2Н135 і VEGA ZN5035А. Проаналізувавши, був вибраний вертикальний оброблюваний верстат 2Н135 так як він має більшу робочу зону, ніж VEGA ZN5035А. 2Н135 має більшу потужність, ніж VEGA ZN5035А. 2Н135 має головну електродвигун потужністю 4 кВт, тоді як VEGA ZN5035А має головну електродвигун потужністю 1,2 кВт.

В таблиці 6.1 наведені порівняння технічних характеристик верстатів.

						ТМ 20510058-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			32



Таблиця 6.1 - Порівняння технічних характеристик верстатів

Характеристика	Значення	
	2Н135	VEGA ZN5035A
Робоча зона, мм	1000 × 500 × 400	800 × 400 × 300
Потужність двигуна, кВт	4	1,2
Кількість осей, шт	3	3
Точність позиціонування, мм	0,01	0,01
Межі подач, мм/об	0,1-1,6	0,1-0,3
Діапазон частот обертання шпинделя, об/хв	31,5-1400	125-3030
Живлення, В	380	420
Маса верстату, кг	1200	470
Габаритні розміри верстата, мм	1030x835x2535	835x510x1730

Для обробки циліндричних поверхонь розглянули два горизонтально-фрезерних верстати: HAAS ES 400 та 6M83. Після аналізу було обрано горизонтально-оброблювальний центр HAAS ES 400. Цей верстат має систему ЧПУ, яка скорочує час обробки, знижує собівартість деталі та виключає людський фактор.

Завдяки ЧПК не потрібні попередні розмічувальні роботи, адже ріжучий інструмент автоматично виходить у вихідні точки.

Таблиця 6.2 - Порівняння технічних характеристик верстатів

<i>Характеристика</i>	<i>Значення</i>	
	HAAS ES 400	6M83
Робоча зона, мм	559 x 635 x 559	1600 x 400
Потужність двигуна, кВт	22,4	11
Діапазон частот обертання шпинделя, об/хв	12000	31,5...1600
Живлення, В	400	380
Маса верстату, кг	8618	3950
Габаритні розміри верстата, мм	2591 x 3480 x 4039	2750 x 2450 x 1770

#### 6.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів

##### Фрезерування

Для гарантування точного базування заготовки на першій операції механічної обробки та рівномірного розподілу припусків на наступних операціях, необхідно розробити спеціальне пристосування з механізованим приводом.

Застосування даного пристосування дозволить:

- Забезпечити точне позиціонування заготовки.
- Надійно закріпити заготовку.
- Автоматизувати процес фіксації та зняття заготовки.

Механізація пристосування може бути здійснена за допомогою гідравлічного або пневматичного приводу.

Для обробки плоских поверхонь заготовки застосовується дискова тристороння фреза. Її маркування відповідає стандарту ГОСТ 28527-90 і має код 2240-0251.

Для фіксації фрези у шпинделі верстата використовується допоміжний інструмент - оправка 6225-0150, що відповідає стандарту ГОСТ 15067-75.

					ТМ 20510058-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		34

З огляду на необхідну точність вимірювань та тип виробництва, для контролю лінійних розмірів використовується штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1-1, що відповідає стандарту ДСТУ 13385-1:2018.

Для контролю розміра використовують спеціальний вимірювальний пристрій Скоба 8102-0104  $L=12_{-0,18}^{0,06}$  ГОСТ 18356-73.

#### Свердління

Під час свердління важливо використовувати спеціальні пристрої, які гарантують стійкість та фіксацію деталі. Для конкретних умов обробки застосовуємо спеціальні верстатні пристрої, що збираються із взаємозамінних, стандартизованих елементів, які пройшли остаточну обробку.

Таблиця 6.3 – Свердлильна операція в трьох кулачковому патроні

Зміст переходу	Ріжучий інструмент	Допоміжний інструмент та верстатні пристрої	Вимірювальний інструмент
A.1 Встановити, закріпити, зняти заготовку		Спеціальний верстатний пристрій з механізованим приводом	
A.2 Центрувати за допомогою центру вального свердла	Свердло центрувальне Ø 3,15 ГОСТ 14952-75 P6M5	Патрон 6150-0001 МН 1177-60	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ДСТУ 13385-1:2018
A.3 Свердлити отвір Ø4,5	Сверло 2300-7561 Ø4,5 ГОСТ 10902-77	Патрон 6150-0001 МН 1177-60	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0-1, ДСТУ 13385-1:2018

## 6.5 Розрахунок режимів різання

### Свердління

Проведемо розрахунок аналітичним методом свердління отвору Ø4,5 мм. Вихідні данні: оброблюваний матеріал конструкційна сталь 20 з межою міцності  $\sigma_B=410$  МПа, матеріал ріжучої частини свердла Р6М5, ЗОР – емульсія, заготовка попередньо оброблена, вертикально оброблювальний верстат 2Н135.

1. Глибина різання дорівнює  $t=4,5/2=2,25$  мм.

2. Призначаємо подачу, мм/об. При свердлінні отворів без обмежувальних факторів вибираємо максимально допустиму за міцністю свердла подачу:  $S = 0,19$ .

Із паспорта верстата встановлюємо найближчу подачу до розрахункової  $S = 0,2$  мм/об.

3. Стійкість ріжучого інструменту  $T=15$  хв.

Знаходимо швидкість різання за формулою:

$$V = \frac{C_V * D^g}{T^m * S^y} * K_V, \quad (6.4)$$

де  $C_V=7,0$ ,  $g=0,40$ ,  $y=0,70$   $m=0,20$  – коефіцієнти та показники в формулі швидкості різання

Поправочний коефіцієнт для обробки свердлом із швидкорізальної сталі:

$$K_V = K_{MV} * K_{иV} * K_{IV}, \quad (6.5)$$

$$K_{MV} = K_r * \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_V}, \quad (6.6)$$

Де  $K_{MV}$  – коефіцієнт, який враховує вплив фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу на швидкість різання;

$n_V = -0,9$  – показник степеня;

$K_r = 1$  – коефіцієнт, характеризуючий групу сталі по оброблюваності;

$K_{иV} = 1,0$  – коефіцієнт, що враховує вплив інструментального матеріалу ;

$K_{IV} = 1,0$  – коефіцієнт, який враховує глибину свердління;

					ТМ 20510058-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

Тоді:

$$K_{MV} = 1 * \left(\frac{750}{410}\right)^{-0,9} = 0,58,$$

$$K_V = 0,58 * 1 * 1 = 0,58,$$

$$V = \frac{7 * 4,5^{0,40}}{15^{0,2} * 0,2^{0,7}} * 0,58 = 13,3 \text{ м/хв}$$

4. При налагодженні верстата необхідно встановити частоту обертання шпинделя, яка буде забезпечувати розрахункову швидкість різання. Частота обертання, об/хв, що відповідає знайденій швидкості різання, по формулі:

$$n = \frac{1000 * V}{\pi * D}, \quad (6.7)$$

$$n = \frac{1000 * 13,3}{\pi * 4,5} = 940 \text{ об/хв}$$

Коректуємо значення обертання шпинделя з паспортним  $n^p = 1000$  об/хв.

З урахуванням прийнятого значення розраховуємо фактичну швидкість різання по формулі:

$$V = \frac{\pi * D * n}{1000}, \quad (6.8)$$

$$V = \frac{\pi * 4,5 * 1000}{1000} = 14,1$$

5. Осьову силу,  $N$  та крутний момент,  $N \cdot m$  розраховується за формулами:

$$P_o = 10C_p * D^q * S^y * K_p, \quad (6.9)$$

$$M_{кр} = 10C_M * D^q * S^y * K_p, \quad (6.10)$$

Визначаємо значення сталої для кожної складової сили, моменту та показника степеня:

					ТМ 20510058-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

1) для  $P_o$  :  $C_p = 68$  ,  $q = 1$  ,  $y = 0,7$ ;

2) для  $M_{кр}$  :  $C_M = 0,0345$ ,  $q = 2$ ,  $y = 0,8$ .

Коефіцієнт, який враховує реальні умови обробки, у даному випадку залежить виключно від матеріалу оброблюваної заготовки і обчислюється за виразом.

$$K_p = K_{MP},$$
$$K_{MP} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n, \quad (6.11)$$
$$K_{MP} = \left( \frac{410}{750} \right)^{0,75} = 0,63$$

де  $K_{MP} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n$  – коефіцієнт, який враховує вплив якості оброблюваного матеріалу на силу різання;

$n = 0,75$  – показник степеня;

Як результат отримуємо значення осьової сили,  $N$  та крутного моменту,  $N \cdot m$

$$P_o = 10 * 68 * 4,5^1 * 0,2^{0,7} * 0,63 = 623 \text{ Н}$$

$$M_{кр} = 10 * 0,0345 * 4,5^2 * 0,2^{0,8} * 0,63 = 1,21 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Знаходимо потужність необхідну для обробки по формулі:

$$N = \frac{M_{кр} * n}{9750}, \quad (6.12)$$
$$N = \frac{1,21 * 1000}{9750} = 0,12 \text{ (кВт)}$$

7. Так як потужність різання менше потужності верстата з урахуванням КПД (0,8) ( $0,12 < 4 \times 0,8$  кВт), тому обробка можлива.

8. Розрахуємо основний час обробки отвору  $\varnothing 4,5$  по формулі:

					ТМ 20510058-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

$$T_o = \frac{L}{S * n}, \quad (6.13)$$

$$L = l + l_1 + l_2, \quad (6.14)$$

де  $l = 12$  – довжина отвору, що оброблюється, мм

$l_1, l_2 = l_1 + l_2 = 8$  - величина врізання і перебігу інструмента, мм.

Тоді:

$$l_p = 12 + 8 = 20 \text{ (мм)}$$

де  $n = 1000$  об/хв - частота обертання шпинделя;

$S = 0,2$  мм/об - подача;

$$T_{o1} = \frac{20}{0,2 * 1000} = 0,1 \text{ (хв)}$$

Таблиця 6.4 – Параметри режимів обробки на операцію свердління

Номер і текст переходу	Параметри режимів обробки					L, мм	T <sub>o</sub> , (хв)
	t, мм	S, мм/об	n, об/хв	V, м/хв	i		
Свердлити ø4,5	2,25	0,2	1000	13,3	1	12	0,1

Фрезерування циліндричної поверхні деталі «Шпиндель»

Фрезерується 4 поверхні із однаковими режимами різання. Обробка виконується дисковою фрезою із швидкорізальної сталі марки Р6М5. Фреза згідно ГОСТ 28527-90 виконана за розмірами: діаметр фрези  $D = 63$  мм, ширина фрези  $L = 14$  мм, кількість зубів фрези  $Z = 16$ , отвір під посадку на оправку  $d = 22H7$ .

1 Глибина різання  $t = 1,5$  мм, ширина фрезерування  $B = 13$  мм.

2 Визначаємо подачу на один зуб  $S_z$  [2, т.41, с.66]:

$$S_z = 0,013 - 0,008 \text{ мм/зуб}$$

									Лист
									39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ТМ 20510058-00.ПЗ				

Приймаємо  $S_z=0,008$  мм/зуб

3 Визначаємо подачу на один оберт фрези за формулою:

$$S = S_z * Z, \quad (6.15)$$

$$S = 0,008 * 16 = 0,128 \text{ мм/об}$$

Швидкість різання визначаємо за формулою:

$$V = \frac{C_V * D^q}{T^m * t^x * S_z^y * B^u * Z^p} * K_V, \quad (6.16)$$

де  $C_p = 68,5$ ;  $q = 0,25$ ;  $x = 0,3$ ;  $y = 0,2$ ;  $u = 0,1$ ;  $p = 0,1$ ;  $m = 0,2$  [2, т.45, с.69];

$D = 63$  мм – діаметр фрези;

$T = 120$  хв – період стійкості фрези;

$K_V$  - загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, що враховує фактичні умови різання.

Знайдемо його за формулою:

$$K_V = K_{mV} * K_{nV} * K_{iV}, \quad (6.17)$$

$$K_V = 0,63 * 0,9 * 1 = 0,56$$

де  $K_{mV} = 0,63$  - коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу [2, т.13, с.40];

$K_{nV} = 0,9$  - коефіцієнт що враховує вплив стану поверхні заготовки на швидкість різання (прокат) [2, т.15, с.41];

$K_{iV} = 1,0$  - коефіцієнт що враховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання[2, т.16, с.41].

Тоді:

					ТМ 20510058-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40



$$V = \frac{68,5 * 63^{0,25}}{120^{0,2} * 1,5^{0,3} * 0,008^{0,2} * 13^{0,1} * 16^{0,1}} * 0,56 = 36,57 \frac{\text{М}}{\text{ХВ}}$$

5 Частота обератння фрези визначається за формулою n, об/хв:

$$n = \frac{1000 * V}{\pi * D}, \quad (6.18)$$

$$n = \frac{1000 * 36,57}{\pi * 63} = 285,8 \frac{\text{об}}{\text{ХВ}}$$

Призначаємо n = 280 об/хв

Визначаємо за формулою дійсну швидкість різання:

$$V_{\phi} = \frac{\pi * D * n}{1000}, \quad (6.19)$$

$$V_{\phi} = \frac{\pi * 63 * 280}{1000} = 35,41 \frac{\text{М}}{\text{ХВ}}$$

6 Хвилину подачу визначаємо за формулою:

$$S_x = S_z * Z * n, \quad (6.20)$$

$$S_x = 0,008 * 16 * 280 = 35,84 \frac{\text{ММ}}{\text{ХВ}}$$

Приймаємо S<sub>x</sub> = 35 мм/хв – повздожня подача.

Перераховуємо подачу S<sub>z</sub> можна за формулою:

$$S_z = \frac{S_x}{Z * n}, \quad (6.21)$$

$$S_z = \frac{35}{16 * 280} = 0,0079 \frac{\text{ММ}}{\text{зуб}}$$

7 Сила різання визначається за формулою P<sub>z</sub> (Н):

					ТМ 20510058-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

$$P_z = \frac{10 * C_p * t^x * S_z^y * B^u * Z}{D^q * n^v} * K_{тр}, \quad (6.22)$$

де  $C_p = 68,2$ ;  $x = 0,86$ ;  $y = 0,72$ ;  $u = 1,0$ ;  $q = 0,86$ ;  $v = 0$  [2, т.47, с.73].

$$K_{тр} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n, \quad (6.23)$$

$$K_{тр} = \left(\frac{450}{750}\right)^{0,3} = 0,85$$

де  $n = 0,3$  [2].

Тоді:

$$P_z = \frac{10 * 68,2 * 1,5^{0,86} * 0,0079^{0,79} * 13^1 * 16}{63^{0,86} * 280^0} * 0,85 = 105,77 \text{ Н}$$

8 Складові сили різання  $P_z$ :

$$P_h = P_z * 0,9 = 105,77 * 0,9 = 95,19 \text{ Н}$$

$$P_y = P_z * 0,9 = 105,77 * 0,9 = 95,19 \text{ Н}$$

$$P_v = P_z * 0,9 = 105,77 * 0,6 = 63,46 \text{ Н}$$

$$P_x = P_z * 0,9 = 105,77 * 0,4 = 42,3 \text{ Н}$$

9 Крутний момент  $M_{кр}$  (Н\*м) визначається за формулою:

$$M_{кр} = \frac{P_z * D}{2 * 1000}, \quad (6.24)$$

$$M_{кр} = \frac{105,77 * 63}{2 * 1000} = 3,33 \text{ Н * м.}$$

10 Потужність різання визначають  $N_e$ , кВт:

$$N_e = \frac{P_z * V_\phi}{1020 * 60}, \quad (6.24)$$

					ТМ 20510058-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

$$N_e = \frac{105,77 * 35,41}{1020 * 60} = 0,095 \text{ кВт}$$

Виходячи з того що  $N * \eta = 22,4 * 0,8 = 17,92 \text{ кВт} > N_e = 0,095 \text{ кВт}$ , обробка  
МОЖЛИВА.

11 Визначення  $T_o$  розраховується по формулі, хв:

$$T_o = \frac{(l + l_{вр} + l_{пер} + D) * m * i}{S_x}, \quad (6.25)$$

де  $l = 13$  – ширина поверхні;

$m = 4$  – кількість поверхонь;

$l_{вр} = l_{пер} = 0,5$  мм – величина врізання фрези;

$D = 63$  мм – діаметр фрези

$i = 1$  – кількість ходів інструмента.

Тоді:

$$T_o = \frac{(13 + 0,5 + 0,5 + 63) * 4 * 1}{35} = 5,8 \text{ хв.}$$

## 6.6 Технічне нормування

Операція 045 «Вертикально-свердлильна»

$$T_{ТШ-к} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{N}, \quad (6.26)$$

де  $T_{пз}$  – підготовчо-заключний час;

$T_{шт}$  – штучний час;

$n = 125$  – кількість деталей у партії.

Визначаємо підготовчо-заключний час:

					ТМ 20510058-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

$$T_{пз} = T_{пз1} + T_{пз2}, \quad (6.27)$$

де  $T_{пз1} = 7$  хв – час на наладку верстата і встановлення пристрою;

$T_{пз2} = 9$  хв – час на допоміжні прийоми.

$$T_{пз} = 7 + 9 = 16 \text{ хв}$$

Визначаємо штучний час за формулою:

$$T_{шт} = T_o + T_d + T_{від} + T_{об}, \quad (6.28)$$

Визначаємо допоміжний час за формулою:

$$T_d = T_{уст} + T_{уп} + T_{вим}, \quad (6.29)$$

де  $T_{уст} = 2,2$  хв - час на установку і зняття заготовки вручну;

$T_{п} = 0,5$  хв - допоміжний час з управління при свердлінні;

$T_{вим} = 1$  хв - час на вимірювання.

$$T_d = 2,2 + 0,5 + 1 = 3,7 \text{ (хв)}$$

Визначаємо оперативний час:

$$T_{оп} = T_{ца} + T_d, \quad (6.30)$$

$$T_{ца} = T_o + T_{мд}, \quad (6.31)$$

де  $T_{мд}$  – машинно допоміжний час.

$$T_{оп} = 8,3 + 3,7 = 12 \text{ (хв)}$$

Визначаємо час обслуговування робочого місяця:

$$T_{об} = T_{оп} 5\% = 12 \cdot 0,05 = 0,6 \text{ (хв)}$$

Визначаємо час на відпочинок робітника:

$$T_{від} = T_{оп} 4\% = 12 \cdot 0,04 = 0,48 \text{ (хв)}$$

					ТМ 20510058-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

Визначаємо штучний час:

$$T_{шт} = 12 + 3,7 + 0,48 + 0,6 = 16,78 \text{ (хв)}$$

Визначаємо штучно-калькуляційний час:

$$T_{шт-к} = 16,78 + 16/125 = 16,85 \text{ (хв)}.$$

Операція 025 «Горизонтально фрезерна»

$$T_{шт-к} = \frac{T_{пз}}{N} + T_o + T_d + T_{об} + T_{від}, \quad (6.32)$$

де  $T_{пз} = 16 + 1 + 9 = 26$  хв, який складається з налагодження верстату і установки пристрою 16 хвилин; установки фрези 1 хвилину; отримання пристрою і інструменту до початку роботи та їх повернення після обробки партії заготовок на склад 9 хвилин [2];

$N = 125$  – кількість деталей у партії;

$T_o = 5,8$  – основний час операції;

Допоміжний час визначають за формулою:

$$T_d = 1,85(T_{уз} + T_{зв} + T_{кер} + T_{вим}), \quad (6.33)$$

де  $T_{уз} = 0,47$  хв – час утсановки і зняття заготовки [2];

$T_{зв} = 0,154$  хв – час закріплення і відкриплення заготовки [2];

$T_{кер} = 0,36$  хв - час керування верстатом [2];

$T_{вим} = 0,22$  хв – час вимірювання розмірів калібр – скобою [2];

$$T_d = 1,85(0,47 + 0,154 + 0,36 + 0,22) = 2,23 \text{ хв};$$

					ТМ 20510058-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

Оперативний час визначається за формулою:

$$T_{оп} = T_0 + T_d, \quad (6.34)$$
$$T_{оп} = 5,8 + 2,23 = 8,03 \text{ хв};$$

Час обслуговування робочого місця  $T_{об}$  і час відпочинку і особистих потреб  $T_{від}$  визначається за формулою:

$$T_{об} + T_{від} = \frac{\Pi * T_{оп}}{100\%}, \quad (6.35)$$
$$T_{об} + T_{від} = \frac{9\% * 8,03}{100\%} = 0,72 \text{ хв},$$

де  $\Pi = 9\%$  - процес часу на обслуговування робочого місця та відпочинок.

$$T_{ш-к} = \frac{26}{125} + 5,8 + 2,23 + 0,72 = 9 \text{ хв}.$$

					ТМ 20510058-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

## 7 ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ

На фрезерній (№025) операції виконується фрезерування квадрата у деталі «Шпindelь». Так, як дана деталь є однією з відповідальних складових крана 4300В, що призначений для включення та вимкнення гальмівних пневматичних приладів, тому для неї ставляться високі вимоги щодо точності розмірів, форми та розташування поверхонь. Для виконання даних вимог застосовується патрон що самоцентрується, так як її використання виключає похибку базування.

Для полегшення трудомісткості виконання даної операції рекомендую замість ручного затиску використовувати пневматичний.

Уточнення мети технологічної операції

*Точність розмірів*

Розглянемо проектування спеціального верстатного пристрою для операції фрезерування двох лінійних розмірів ( $13, 12_{-0,18}^{0,06}$ ) деталі «Шпindelь»

Оскільки розмір 13 заданий вільним, то відповідно до технічних вимог на виготовлення деталі, допуск беремо за 14 квалітетом точності

$$T_{13}=430\text{мкм}$$

На кресленні рекомендується проставляння таких відхилень наданого розміру:

$$13\pm 0,215$$

Розмір 12 на кресленні містить допуск

$$T_{12} = 0,12 \text{ мм} = 120 \text{ мкм.}$$

Значення допуску не відповідає стандартному: для IT11 допуск дорівнює 110 мкм, а для IT14 допуск дорівнює 430 мкм.

Оскільки ми не маємо права брати більш грубий допуск, ніж той, що зазначив конструктор, то стандартне значення допуску буде дорівнювати:

$$T_{12} = 110 \text{ мкм.}$$

*Точність форми*

Похибка форми лінійного розміру 13 характеризується відхиленням від площинності (ГОСТ 24642-81\*) і нормується за ГОСТ 24643- 81. Оскільки на кресленні допуск форми не заданий, то для рівня геометричної точності А

										Лист
										47
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ТМ 20510058-00.ПЗ

незазначений допуск площинності беремо орієнтовно в межах 60% від допуску номінального лінійного розміру (13). Тому спочатку знаходимо значення незазначеного допуску на даний діаметр по IT14:

$$T_{13}=430 \text{ мкм}$$

Тоді розрахункове значення допуску площинності буде дорівнювати

$$T_{13}=0,6*430=258 \text{ мкм}$$

Згідно ГОСТ 24643- 81 беремо найближче стандартне значення допуску площинності:

$$T_{13}=200 \text{ мкм}$$

що відповідає 15 ступеню точності.

Похибка форми лінійного розміру  $12_{-0,18}^{-0,06}$  характеризується відхиленням від площинності (ГОСТ 24642-81\*) і нормується за ГОСТ 24643-81. Оскільки розглянута поверхня на кресленні не містить допуск форми, то для рівня геометричної точності А (нормальна точність) незазначений допуск лінійного розміру приймаємо орієнтовно в межах 30% від допуску на діаметр:

$$T_{12}=0,3*110=33 \text{ мкм}$$

Згідно ГОСТ 24643- 81 беремо найближче стандартне значення допуску площинності:

$$T_{12}=30 \text{ мкм}$$

що відповідає 11 ступеню точності.

*Точність розташування.*

Перпендикулярність лінійного розміру 13 не вказане на кресленні, тому його значення може перебувати в межах допуску на розмір, тобто:

$$T_{13}=0,6*430=258 \text{ мкм}$$

Згідно ГОСТ 24643- 81 беремо найближче стандартне значення допуску перпендикулярності:

$$T_{13}=200 \text{ мкм}$$

що відповідає 14 ступеню точності.

Паралельність лінійного розміру 12 не вказане на кресленні, тому його значення може перебувати в межах допуску на розмір, тобто:

$$T_{12}=0,6*110=66 \text{ мкм}$$

					ТМ 20510058-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48



Згідно ГОСТ 24643- 81 беремо найближче стандартне значення допуску паралельності:

$$T_{12}=50 \text{ мкм}$$

що відповідає 11 ступеню точності.

*Ступінь шорсткості.*

Шорсткість оброблюваних поверхонь, що зазначена на кресленні, має значення  $Ra = 3,2$  мкм.

*Визначення кількісних і якісних відомостей про заготовку, котра надходить на операцію.*

*Аналіз точності поверхонь, що претендують на роль базових.*

Для даної деталі самим простим варіантом затискання її буде в патроні ділильної головки за діаметр  $14d11(-0,03_{-0,15})$ .

На наступних етапах розроблення та обґрунтування схеми базування вибираємо базову поверхню, що позбавляє встановлювану заготовку найбільшої кількості ступенів свободи (головну базову поверхню). Потім здійснюємо вибір інших базових поверхонь.

*Точність розмірів.*

Відповідно до креслення циліндрична поверхня 14 оброблений по IT11. Згідно ДСТУ ISO 286-2-2002 знаходимо значення допуску:

$$T_{\varnothing 14}=110 \text{ мкм}$$

Це означає, що діаметр циліндричної поверхні виконаний з параметрами

$$14d11(+0,11).$$

Довжина циліндричної поверхні  $7 \pm 0,18$  мм. Відношення  $l/d < 2$ , що свідчить про неможливість використання циліндричної поверхні як подвійної напрямної технологічної бази.

*Точність форми*

Похибка форми циліндричної поверхні  $\varnothing 14d11$  характеризується відхиленням від круглості та циліндричності (ГОСТ 24642-81\*) і нормується за ГОСТ 24643-81

					ТМ 20510058-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

Оскільки допуск циліндричності та круглості не вказано в технічних вимогах і на кресленні деталі, то він може бути встановлений у межах допуску на розмір:

$$T_{\varnothing 14} = 0,3 \cdot 110 = 33(\text{мкм}).$$

Згідно ГОСТ 24643-81 беремо найближче стандартне значення допуску циліндричності та круглості:

$$T_{\varnothing 14} = 30 \text{ мкм}$$

що відповідає 10 ступеню точності.

Похибка форми торця  $\varnothing 18h14$  характеризується відхиленням від площинності. Оскільки допуск площинності не вказується, то це означає, що він входить до складу допуску на номінальний розмір. Розрахункове значення допуску площинності:

$$T_{\varnothing 18} = 0,6 \cdot 430 = 258$$

Згідно ГОСТ 24643-81 беремо найближче стандартне значення допуску площинності:

$$T_{\varnothing 18} = 250$$

що відповідає 15 ступеню точності.

Аналогічно розглянемо торець циліндричної поверхні  $\varnothing 14d11$ . Розрахункове значення допуску площинності зазначеного торця дорівнює:

$$T_{\varnothing 14} = 0,6 \cdot 110 = 66 (\text{мкм}),$$

при цьому найближче стандартне значення допуску площинності:

$$T_{\varnothing 14} = 50 \text{ мкм},$$

що відповідає 12 ступеню точності.

*Точність розташування*

Розглянемо можливі похибки по радіальному биттю  $\varnothing 14d11$

$$T_{\varnothing 14} = 0,6 \cdot 110 = 60 (\text{мкм})$$

Згідно ГОСТ 24643-81 беремо найближчі стандартні значення допусків радіального биття:

$$T_{\varnothing 14} = 50 \text{ мкм}$$

що відповідає 9 ступеню точності.

					ТМ 20510058-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

Допуски торцевого биття торця  $\varnothing 14d11$  та  $\varnothing 18h14$  не вказані на кресленні, тому беремо їх такими, що дорівнюють 60% від допусків на відповідні номінальні розміри:

$$T_{\varnothing 14} = 0,6 \cdot 110 = 60 \text{ (мкм)}$$

$$T_{\varnothing 18} = 0,6 \cdot 430 = 258 \text{ (мкм)}$$

Згідно ГОСТ 24643-81 беремо найближчі стандартні значення допусків торцевого биття:

$$T_{\varnothing 14} = 50 \text{ мкм}$$

$$T_{\varnothing 18} = 250 \text{ мкм}$$

що відповідає 11 та 14 ступеню точності.

#### *Ступінь шорсткості*

Шорсткість поверхні, зазначена на кресленні, має значення  $R_a = 12,5$  мкм.

Це відповідає вимогам з точності, що висувають до базових поверхонь.

У проектованому пристрої планується обробляти заготовки з базовими поверхнями саме таких розмірів та із зазначеними параметрами точності. Іншими словами, адаптивні властивості настановних елементів пристрою повинні перебувати лише в межах допусків зазначених розмірів.

#### *Розробка і обґрунтування схеми базування.*

Із усього комплексу поверхонь, що утворять заготовку, на головну базову поверхню може претендувати циліндрична поверхня  $\varnothing 14d11$ . На її користь свідчить таке:

- вона найбільш точно оброблена: IT11,  $T_{\varnothing 14} = 110$  мкм;
- вона досить чисто оброблена: шорсткість її поверхні  $R_a = 12,5$  мкм;

Циліндрична поверхня  $\varnothing 14d11$ , будучи прийнятою в якості головної базової, позбавляє заготовку двох ступенів свободи, тобто є подвійною опорною базою.

У якості установчої бази беремо торець деталі  $\varnothing 18$ , вона позбавляє заготовку трьох ступенів свободи.

										Лист
										51
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Таблиця 7.1 – Індеси та норми зв’язків

Індекс координати		x	x'	y	y'	z	z'	$\omega_x$	$\omega_{x'}$	$\omega_y$	$\omega_{y'}$	$\omega_z$	$\omega_{z'}$
Спосіб реалізації	Реакція		R	$\bar{R}$	$\bar{R}$	$\bar{R}$	$\bar{R}$			$\bar{R}$	$\bar{R}$	$\bar{R}$	$\bar{R}$

*Обґрунтування вибору привода.*

Затиск заготовки виконується при подачі стиснутого повітря в штокову порожнину пневмокамери двосторонньої дії. При цьому максимальна сила на штоку розраховується по формулі (для вихідного положення штока)

$$Q = \frac{(\pi(D^2 - d^2))}{4} * p, \quad (7.1)$$

Де D- діаметр діфрагми, см;

d – діаметр штока, см;

p= 6 кгс/см<sup>2</sup> ≈ 60 Н/см<sup>2</sup> - тиск стиснутого повітря.

Урахувавши те, що необхідна сила затиску дорівнює Q=2949,26 Н, а тиск стисненого повітря p=60 2 Н/см<sup>2</sup> , маємо:

$$Q = \frac{\pi}{4(D^2 - d^2)} * p, \quad (7.2)$$

де D – приймаємо 125 мм

d = 18 мм

$$Q = \pi / 4(15^2 - 1,8^2) * 60 = 6940 \text{ Н}$$

Дана сила перевищує необхідну силу затиску заготовки, а, отже, пристосування забезпечує фіксоване положення при обробці.

															Лист	
																52
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата												

Розрахунки пристрою на точність.

Формула (7.3) використовується для розрахунку похибки пристрою, в якій багато складових представлені розсіюванням випадкових величин. Узагальнено їх додавання виконується за правилом геометричного додавання.

$$\varepsilon_{\text{пр}} = T_{12} - K_T \sqrt{(K_{T1} * \varepsilon_{\delta 12})^2 + \varepsilon_{\delta 312}^2 + \varepsilon_{\delta y12}^2 + \varepsilon_{\delta \Pi 12}^2 + \varepsilon_{\delta \text{зн}12}^2 + (K_{T2} * \omega_{12})^2 + \varepsilon_{\delta \text{поз}12}^2}, \quad (7.3)$$

Де  $T_{12}=110$  мкм – найбільш жорсткий допуск розташування або розміру

$K_1 = 1,2$  ; (коефіцієнт, що враховує можливий відступ окремих складових від нормального закону розподілу випадкових величин )

$K_{T1} = 0$  ; (коефіцієнт, що враховує деяке зменшення граничного значення похибки базування. Якщо похибка базування дорівнює нулю, то й  $K_{T1} = 0$ . У протилежному випадку  $K_{T1} = 0,8 - 0,85$ ;) )

$\varepsilon_{\delta} = 0$  – похибка базування (див. п. 2.3. 3)

$\varepsilon_{\delta 3} = 40$  мкм ( для чисто обробленої базової поверхні  $\varnothing 14$  при установці в патрон, що самоцентрується)

$\varepsilon_{\delta y} = 10$  – (середнє значення похибки, що рекомендується)

$\varepsilon_{\delta \Pi} = 0$  – (похибка перекосу інструмента відсутня так як немає напрямних елементів)

$\varepsilon_{\delta \text{зн}} = 0$  – (рівномірне зношування щодо осі центрів виникає в установочно-затискних елементах типу цанг, кулачків патронів і т.п., що не приводить до появи в них радіального биття)

$K_{T2} = 0,6$  – коефіцієнт що враховує можливість появи похибки обробки

$\omega = 27$  мкм – (значення допуску для 8 квалітету середньої економічної точності фрезерування плоскості 12)

$\varepsilon_{\delta \text{поз}} = 20$  мкм (похибка позиціонування відповідно до паспорта верстата)

Тоді розрахункове значення похибки пристрою буде дорівнювати:

										Лист
										53
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

$$\varepsilon_{\text{пр}} = 110 - 1,2\sqrt{(0 + 0)^2 + 40^2 + 10^2 + 0^2 + 0^2 + (0,6 * 27)^2 + 20^2} = 51,67$$

З урахуванням стандартного ряду беремо допуск (ГОСТ 24643-81)

$$\varepsilon_{\text{пр}} = 50 \text{ мкм}$$

					ТМ 20510058-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

## ВИСНОВОК

При розгляді службового призначення були враховані основні технічні характеристики та завдання, пов'язані з машиною. Оскільки йдеться про конкретну деталь, був проведений аналіз усіх її поверхонь та вивчені їх функції. Крім того, деталь була розглянута на основі її креслення, а також враховані вимоги, що пред'являються до неї.

Деталь "Шпindelь УТП 4300.00.06" є частиною крана 4300В і використовується для повороту кулькової заслонки та встановленої на ній ручки. Кран застосовується на залізничному транспорті для увімкнення та вимкнення пневматичних приладів гальмівної системи.

Під час вивчення технічних вимог були досліджені характеристики матеріалу та вимоги, встановлені конструктором для виробництва деталі. Ці вимоги були проаналізовані у контексті загальноприйнятих стандартів, які застосовуються до відповідного складального вузла.

Було встановлено, що тип виробництва є дрібносерійним, і визначено обсяг випуску для першої партії. Обрана форма організації виробництва – групова. В якості початкового матеріалу був обраний метод прокату, оскільки це є найбільш оптимальним способом отримання заготовки, враховуючи її масу, форму та специфіку виробництва. В процесі виконання завдання проведено аналіз свердлильної операції.

					ТМ 20510058-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

## ПЕРЕЛІК ДжЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. 4212 Методичні вказівки до кваліфікаційної роботи бакалаврів для студентів спеціальності 6.05050201 «Технології машинобудування» / укладач В. Г. Євтухов. – Суми : Сумський державний університет, 2017. – 44 с.

2. Паливода Ю. Є. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки / Паливода Ю. Є., Дячун А. Є., Лещук Р. Я. – Тернопіль: 2019. – 240 с.

3. Добрянський, С. С. Технологічні основи машинобудування. [Електронний ресурс]: підручник для студ. спеціальностей 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування» / С. С. Добрянський, Ю. М. Малафеев; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 379 с.

4. Мазур, М. П. Основи теорії різання матеріалів: підручник / М. П. Мазур, Ю. М. Внуков, В. Л. Доброскок, В. О. Залога та ін.; під заг. ред. М. П. Мазура. – 2-ге вид., перероб. і доп. – Львів: Новий Світ-2000, 2011. – 422 с.

5. Петров, О. В. Технологічна оснастка : навчальний посібник / О. В. Петров, С. І. Сухоруков. – Вінниця: ВНТУ, 2018. – 123 с.

6. Технології виготовлення деталей складної форми. Частина 1 [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньо-професійної програми «Технології машинобудування» та освітньо-наукової програми «Технології машинобудування» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; Ю. В. Петраков, С. В. Сохань, В. К. Фролов, В. М. Кореньков. – Електронні текстові дані. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 288 с.

7. Технології виготовлення деталей складної форми. Частина 2 [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньо-професійної програми «Технології машинобудування» та освітньо-наукової програми «Технології машинобудування» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; Ю.В.Петраков, С.В. Сохань, В.К. Фролов, В.М. Кореньков. – Електронні текстові дані. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 102с.

										Лист
										56
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ТМ 20510058-00.ПЗ