

ДИПЛОМНА РОБОТА

Технологія виготовлення деталі «Болт 019.05.24» з використанням  
Назва теми  
верстатів з ЧПК

Рівень вищої освіти перший (бакалавр)

Галузь знань 13 механічна інженерія

Спеціальність 131 прикладна механіка

Освітня програма «технології машинобудування»

Шифр ДП.ПМ.ФГА.24.05.ПЗ

Виконав студент 4 курсу група ПМТс-21-2  
Шифр

  
Підпис

Богдан ЯЦКОВ  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник канд. техн. наук, доцент  
Науковий ступінь, звання

  
Підпис

Микола КОШОК  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер канд. техн. наук, доцент

  
Підпис

Сергій БИСЬ  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:  
Завідувач кафедри технології машинобудування  
Назва

  
Підпис

Віталій ТКАЧУК  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

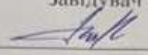
Дата «11» березня 2024

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТМ

 Віталій ТКАЧУК

1.03 .2024

**ЗАВДАННЯ  
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ**

Яцкову Богдану Віталійовичу

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1 Тема дипломної роботи Технологія виготовлення деталі «Болт 019.05.24» з використанням верстатів з ЧПК

керівник роботи Косіюк Микола Миколайович

Затверджено наказом ректора університету від 1 березня 2024 р. № 5

2 Строк подання студентом роботи на кафедру 10 червня 2024

3 Вихідні дані до проєкту (роботи) кресленник деталі Болт 019.05.24 та технічні вимоги до її виготовлення, обсяг випуску тис.

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

Вступ

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

5 Перелік графічного матеріалу: кресленник деталі із 3D моделлю (1 лист А2); кресленник карти наладки (2 листи А1); кресленник верстатного пристрою (1 лист А1); кресленник контрольного калібру (1 лист А2)

6. Консультанти розділів дипломного проєкту (роботи)

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

7 Дата видачі завдання 6.03.2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

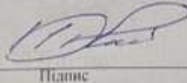
Назва етапів (розділів) дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1 Загальний розділ	20.03.2024	
2 Технологічний розділ	20.04.2024	
3 Конструкторський розділ	20.05.2024	
4 Охорона праці	10.06.2024	

Студент

  
Підпис

Богдан ЯЦКОВ  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник проєкту (роботи)

  
Підпис

Микола КОСПОК  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ КАФЕДРИ технології машинобудування  
 ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатами звіту/звітів подібності щодо роботи, продукованими програмно-технічним засобом (ами) перевірки текстів на плагіат:

Назва кваліфікаційної роботи Динамічний тривалітальний

Автор Друк Б.Б.

Освітня програма ВТ Технологія механіки

Спеціальність: Технології машинобудування

Науковий керівник: Косіт М.М.

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом (далі – зазначаються підстави віднесення запозичень до правомірних, якщо потрібно). Робота приймається до захисту.	+
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданій поставленою метою роботи (далі – зазначаються детальні та аргументовані підстави віднесення запозичень до правомірних). Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована.	-
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданій поставленою метою роботи. Робота може бути допущена до захисту після того як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	-
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укріття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	-
5	Інше:	

Підтвердження:

Друк Б.Б. в спеціалізованій роботі не містить плагіату до захисту

Дата 17.06.24р.

Завідувач кафедри

Ігор Дмитро Ткачук  
 Підпис Ім'я, прізвище

Гарант освітньої програми

Володимир Мельник  
 Підпис Ім'я, прізвище

Керівник кваліфікаційної роботи

Микола Косіт  
 Підпис Ім'я, прізвище



### РЕЦЕНЗІЯ

на дипломний проект студента Богдана ЯЦКОВА  
Тема: Технологія виготовлення деталі "Болт 019.05.24" з використанням верстатів з ЧПК

Тема дипломного проекту та його зміст відповідають обраній спеціальності. Дипломний проект має необхідні розділи відповідно до завдання.

У дипломному проекті студент проаналізував конструкцію обраної деталі, її технологічність та визначив тип виробництва.

Вибрав (економічно обгрунтувавши) метод виготовлення заготовки, в подальшому був розроблений маршрутний і технологічний процес механічного оброблення вала-шестерні з використанням сучасного металорізального устаткування з ЧПК. Згідно виданого завдання розраховані припуски на оброблення, визначені режими різання, норми штучного часу. Всі прийняті рішення технологічного розділу підкріплені відповідними розрахунками і виконані на високому рівні. За допомогою САМ-пакету Esprit створено програму оброблення на токарному верстаті з ЧПК фірми HAAS ST-30.

В конструкторській частині розроблено конструкцію пристрою та контрольний інструмент.

Графічна частина виконана у відповідності з вимогами ЕСКД та ДСТУ, розділи розрахунково-пояснювальної записки оформлені з виконанням основних вимог ЕСТД та ДСТУ на високому рівні.

Все це свідчить про досить високий рівень дипломника як сформованого спеціаліста.

Вагомих недоліків в дипломній роботі не виявлено.

Проте бажано було б створити в САМ Esprit програми оброблення і для фрезерної операцій

Дипломний проект виконаний згідно завдання, в повному обсязі та заслуговує оцінки «відмінно».

Рецензент:

*Марячнюк Н.В.*

«14» «05» 2024 р.

## ЗМІСТ

Завдання на дипломний проект.....	2
Реферат.....	3
Вступ.....	4
1. Загальний розділ .....	6
1.1 Опис конструкції, технічних умов та службового призначення деталі..	6
1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт.....	7
2. Технологічний розділ.....	9
2.1 Вибір виду і способу отримання заготовки .....	9
2.2 Аналіз технологічних вимог до деталі та призначення послідовності механічної обробки поверхонь деталі.....	10
2.3 Обґрунтування схеми послідовності обробки заданої деталі та вибір технологічного обладнання.....	11
2.4 Проектування технологічного маршруту оброблення деталі.....	13
2.5 Вибір металорізального інструменту.....	14
2.6 Вибір технологічних баз.....	17
2.7 Розроблення технологічних операцій.....	20
2.8 Вибір проміжних припусків аналітичним способом, встановлення проміжних розмірів з допусками, креслення заготовки.....	21
2.9 Розрахунок режимів різання.....	25
2.10 Розробка керуючої програми.....	32
3 Конструкторський розділ.....	37
3.1 Проектування верстатного пристрою для закріплення заготовки при фрезеруванні шпонкового пазу.....	37
3.1.1 Вибір установчих елементів, схеми базування та способу закріплення деталі в пристрої.....	37

Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата

3.1.2	Розрахунок необхідних сил закріплення деталі та приводу .....	39
3.1.3	Розрахунок сили закріплення $W$ .....	40
3.1.4	Розрахунок елементів пристрою на міцність.....	41
3.1.5	Розрахунок пристрою на точність.....	43
3.1.6	Робота пристрою для свердлування.....	44
3.2	Проектування верстатного пристрою для закріплення заготовки при фрезеруванні шпонкового пазу.....	44
3.2.1	Вибір установчих елементів, схеми базування та способу закріплення деталі в пристрої.....	44
3.2.2	Розрахунок необхідних сил закріплення деталі та приводу пристрою.....	46
3.2.3	Розрахунок сили закріплення $W$ .....	48
3.2.4	Розрахунок приводу пристосування.....	48
3.2.5	Розрахунок пристрою на точність.....	49
3.2.6	Розробка технічних умов на пристрій та опис його роботи.....	50
3.2.7	Робота пристрою для фрезерування.....	50
3.3	Проектування контрольно – вимірювального пристрою для визначення радіального биття.....	51
3.3.1	Розробка схеми вимірювання.....	51
3.3.2	Розрахунок пристрою на точність.....	52
3.3.3	Опис конструкції і роботи пристрою.....	52
4	Охорона праці.....	53
4.1	Безпека роботи на дільниці при реалізації технологічного процесу.....	53
4.2	Техніка безпеки при роботі за фрезерним верстатом.....	55
4.3	Техніка безпеки при роботі за токарним верстатом.....	56
	Висновки.....	59

Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата

## ДОДАТОК В

## РЕФЕРАТ

У дипломному проекті мною був розроблений технологічний процес виготовлення деталі «Болт 019.05.24». В загальному розділі мною був розглянутий опис конструкції деталі та способу її виготовлення та , виходячи з цих даних, був розроблений подальший процес обробки заготовки.

В технологічному розділі був обраний тип отримання нашої заготовки та проведений аналіз технологічних вимог до деталі та призначив подальший процес її обробки. В ньому було пораховано режими різання, припуски, технологічні бази, металорізальний інструмент. Також було обране технологічне обладнання та була розроблена керуюча програма для операції «Токарна».

В конструкторському розділі я обрав доцільні верстатні пристрої , які будуть використовуватись для виконання операцій «Свердлувальна» та «Фрезерна» та провів відповідні до них розрахунки. Також в цьому розділі був обраний вимірювальний інструмент «Штангенциркуль» і пристрій для визначення радіального биття.

У розділі «Охорона праці» розглянута техніка безпеки при роботі за верстатами токарної та фрезерної групи та деякі шкідливі фактори , які можуть виникнути при роботі за технологічним обладнанням або при виконанні технічного процесу.

Дипломний проект складається із розрахунково-пояснювальної записки на 66 сторінках друкованого тексту , 4-х листах формату А1 та 2-х формату А-3 графічної частини.

**Ключові слова:** деталь, болт, технологічний процес, вимірювальний пристрій, верстат з ЧПК, точіння, верстатний пристрій.

Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата

## ВСТУП

Сучасні економічні реалії переконливо доводять, що машинобудування є базовою галуззю розвитку будь-якої країни, адже саме їй належить важлива роль в прискоренні науково-технічного прогресу. Машинобудування забезпечує засобами виробництва інші галузі економіки, тим самим сприяє оновленню та накопиченню капіталу. Крім того, машинобудування – це одна з провідних галузей, яка за вартістю продукції, інвестиційною привабливістю та кількістю зайнятих посідає перше місце у структурі світової промисловості.

Проте, незважаючи на значну роль машинобудівної галузі в економіці України, її розвиток супроводжується значними втратами виробничого і кадрового потенціалу, більше ніж дворазовим скороченням частки продукції машинобудування в промисловому виробництві, підвищенням собівартості продукції, зниженням активності в інноваційно-інвестиційній діяльності тощо. Причиною цього є диспропорційність в національній економіці, відсутність ефективних реформ, неможливість адаптації до умов ринку та освоєння нових ринків збуту. Слід також зазначити, що трансформація галузевої структури продукції машинобудування відбувається на користь металомісткої продукції, а частка наукоємних високотехнологічних галузей має тенденцію до зменшення. При цьому зберігається занадто велика залежність розвитку машинобудування від зовнішньоекономічної діяльності. Темпи імпорту машинобудівної продукції значно випереджають темпи експорту, що негативно впливає на торговельний баланс та збільшує його від'ємне сальдо. Відповідно зростає і частка машинобудівної продукції в загальному імпорті товарів країни. Дефіцит фінансових ресурсів призводить до повільного вирішення проблем відновлення виробничого потенціалу галузі на основі використання інноваційних технологій і реалізації наукових розробок, подальшої зміни структури товарного виробництва й розвитку інвестиційного машинобудування, забезпечення конкурентоспроможності кінцевої продукції. У зв'язку із цим виникає необхідність акцентувати увагу на особливостях розвитку машинобудівної галузі в умовах сталого розвитку національної економіки.

					ДРБ.ФІТА.ПМ.19.05.ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		12

Машинобудівна галузь в Україні є провідним і досить потужним сектором промисловості, який за даними державної служби статистики України на 2020 рік охоплює 4400 підприємств, де зайнято 35,5 тис. осіб. Від рівня розвитку машинобудування залежать темпи та масштаби впровадження науково – технічних досягнень в галузях–споживачах машинобудівної продукції. У 2014 р. кількість машинобудівних підприємств, які займалися інноваційною діяльністю склала 2124 одиниць – 21 % від загальної кількості промислових підприємств, загальний обсяг витрат на інноваційну діяльність – 2482541,3, що складає 32 % загальних витрат, тоді як у 2013 р. лише 25 %

Незважаючи на значний внесок машинобудування у розвиток національної економіки, слід відмітити, що його частка в структурі промисловості України в посткризовий продовжує зменшуватися. Як свідчать міжнародні статистичні дослідження, в економічно розвинених країнах на частку машинобудування припадає 30-50% від загального обсягу випуску промислової продукції. Так, частка машинобудування в Німеччині складає 53,6%, Японії – 51,5%, Великобританії – 39,6%, Італії – 36,4%, Китаї – 35,2%. Це забезпечує технічне переобладнання всієї промисловості кожні 8-10 років. При цьому частка продукції машинобудування у ВВП країн Євросоюзу складає 36-45%, в США – 10%, в Росії машинобудування забезпечує 18% ВВП. Як свідчать статистичні дані в Україні частка машинобудівних підприємств коливається в межах 10-13% від загального обсягу випуску промислової продукції, що в 3-5 раз менше ніж у провідних країнах світу. Як наслідок, це є основною причиною відставання української промисловості за технічним рівнем від промислово розвинутих країн.

Варто підкреслити, що глобальна криза безпосередньо відобразилася на розвитку національної промисловості, що проявилася у значному скороченні обсягу виробництва продукції. Порівнюючи галузі, частка яких в загальній структурі національної промисловості є найбільшою (металургійне виробництво та виробництво готових металевих виробів крім машин і устаткування, машинобудування, постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря.

					ДРБ.ФІТА.ПМ.19.05.ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		13

# 1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

## 1.1 Опис конструкції, технічних умов та службового призначення деталі

Деталь „Болт” призначена для передачі крутного моменту при заданому передаточному відношенні.

Основними поверхнями для даної деталі є поверхня  $\varnothing 25e8$  та поверхня  $\varnothing 20js6$ .

Поверхня  $\varnothing 20js6$  призначена для встановлення зубчастого колеса.

Канавки  $b = 2$  мм ,  $b = 3$  мм та  $b = 6$  мм призначені для виходу ріжучого інструмента.

Різьбова поверхня M20-8g призначена для встановлення гайки, яка фіксує зубчасте колесо.

Матеріал деталі – конструктивна сталь 45 ДСТУ 7809:2015 в цій сталі – 0,42 - 0,5%С, 0,5 - 0,8%Mn

Основні фізико – механічні властивості:  $\rho = 7,8 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>;  
 $\sigma_{вр.} = 610$  МПа, 197...241 НВ.

Деталь жорстка, так як виконується умова:

$$\frac{L}{d_{cp}} \leq 12 \quad (1)$$

де  $L$  – довжина деталі, мм;

$d_{cp}$  – середній діаметр, мм;

$L = 86$  мм

$$d_{cp} = \frac{l_1 \times d_1 + l_2 \times d_2 + l_3 \times d_3 + l_4 \times d_4}{L} =$$
$$\frac{35 \times 23 + 25 \times 30 + 20 \times 19 + 20 \times 29}{110} = 22,8 \text{ мм.}$$

$110/25 = 4,8$  - умова співвідношення (1) виконується

Так як деталь жорстка, то потреби у додаткових опорах при обробці немає.

					ДРБ.ФІТА.ПМ.19.05.ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		14

Діаметральні розміри деталі до торців зменшуються, а якщо біля торців менший діаметр, а далі діаметри збільшуються, то це означає, що є можливість вільного підведення інструменту до цієї деталі. Відповідно, в умовах малосерійного виробництва, вал можна обробляти на універсальних верстатах з ЧПК та застосовувати стандартизований ріжучий інструмент. На підставі проведеного аналізу можна зробити висновок що деталь технологічна і її виготовлення не викликає труднощі на виробництві.

## **1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт**

Так як деталь жорстка, то потреби у додаткових опорах при обробці немає.

Діаметральні розміри деталі до торців зменшуються, а якщо біля торців менший діаметр, а далі діаметри збільшуються, то це означає, що є можливість вільного підведення інструменту до цієї деталі. Відповідно, в умовах малосерійного виробництва, вал можна обробляти на універсальних верстатах з ЧПК та застосовувати стандартизований ріжучий інструмент. На підставі проведеного аналізу можна зробити висновок що деталь технологічна і її виготовлення не викликає труднощі на виробництві.

Ми вже знаємо , що малосерійне виробництво має наступні характеристики:

- обсяг випуску однакових виробів знаходиться в межах від десятків до тисяч штук;

- обладнання – універсальне, розташовується в цехах за технологічними групами з урахуванням напрямів основних вантажопотоків; в сучасному серійному виробництві широко використовуються верстати з ЧПК і гнучкі автоматичні лінії, побудовані на базі цих верстатів;

- верстатні пристрої, різальні та допоміжні інструменти – переважно універсальні, але в економічно обґрунтованих випадках може використовуватись і високопродуктивне спеціальне технологічне оснащення (особливо – в крупносерійному виробництві);

					ДРБ.ФІТА.ПМ.19.05.ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		15

- точність вихідних заготовок деталей суттєво залежить від обсягу випуску однакових деталей і тому можуть використовуватися виливки в піщано-глинисті форми, гарячий і холодний прокат, поковки на молотах, пресах, горизонтально-кувальних машинах, точні способи лиття (в кокіль, під тиском, в оболонкові форми, за виплавними моделями) та ін.;

- технологічна документація детально розробляється тільки для складних виробів.

					ДРБ.ФІТА.ПМ.19.05.ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		16

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 2.1 Вибір виду і способу отримання заготовки

Враховуючи матеріал деталі, її форму, розміри та тип виробництва (мало серійний) виготовлення заготовки порізкою з круглого сортового прокату являється єдиним раціональним методом отримання заготовки.

Визначаємо розрахунковий діаметр прокату. За основу розрахунків приймаємо найбільший діаметр 35 мм.

Розрахунковий діаметр  $d_p$ , мм, визначаємо за формулою

$$d_p = d_n + 2 \cdot z, \quad (2)$$

де  $d_n$  – номінальний діаметр, мм;

$2 \cdot z$  – припуск на обробку, мм;

$$d_n = 35 \text{ мм.}$$

$$2 \cdot z = 6,0 \text{ мм}$$

$$d_p = 35 + 6,0 = 41 \text{ мм}$$

Приймаємо сталь гарячекатану круглу, звичайної точності прокатки В, діаметром 45 мм, марки 45, підгрупа „б”, без термічної обробки.

Лист  $\frac{В - 45 \text{ДСТУ } 4738: 2007}{45 - 6 \text{ДСТУ } 7809: 2015}$

Граничні відхилення для діаметра  $41^{+0,4}_{-0,7}$  мм

Припуск на підрізку торцевих поверхонь :

$$2 \cdot z_T = 4,0 \text{ мм}$$

Довжина заготовки

$$110 + 4,0 = 114 \text{ мм}$$

					ДРБ.ФІТА.ПМ.19.05.ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		17

## 2.2 Аналіз технологічних вимог до деталі та призначення послідовності механічної обробки поверхонь деталі.

Технічні вимоги до деталі приведені на креслені «Болт».

Результати аналізу технічних вимог до заданої деталі, методи їх забезпечення і контролю оформлені у вигляді таблиці 1.

Таблиця 2.1 – Технічні вимоги для деталі «Болт» та методи їх забезпечення

Зміст вимоги	Методи забезпечення	Методи контролю
Ø25e8 , Ø20js6 , при Ra= 1,6 мкм	Точіння чорнове, точіння напівчистове, попереднє та чистове шліфування	Мікрометр гладкий типу МК ДСТУ 6507:2009 Набір мір шорсткості ІСО 2632 - 1
Ø25e8 , при Ra= 1,6 мкм	Точіння чорнове, точіння напівчистове, попереднє шліфування	Мікрометр гладкий типу МК ДСТУ 6507:2009 Набір мір шорсткості ІСО 2632 - 1
M20-8g , при Ra= 6,3 мкм	Точіння чорнове, точіння чистове, нарізання різьби	Мікрометр з різьбовими вставками, набір мір шорсткості ІСО 2632 - 1
Лінійні розміри по 14 квалітету точності Шорсткість Ra= 6,3 мкм	Одноразова лезвійна обробка	Штангенциркуль ШЦ-I-350-0,1 ДСТУ 166:2009 Набір мір шорсткості ІСО 2632 - 1
Допуск радіального биття поверхні Ø20js6 відносно базової поверхні А – 0,03 мм	Шліфування з використанням єдиних технологічних баз (центрових отворів)	На контрольних центрах за допомогою індикатора
Допуск циліндричності поверхні Ø20js6 відносно базової поверхні А – 0,005 мм	Шліфування кругами , підданих точному урівноваженню і правці , виключаючій вібрації	На контрольних центрах за допомогою індикатора
Допуск перпендикулярності торця Ø35 відносно базової поверхні А – 0,04 мм	Обробка поверхні і торця з одного установу	На контрольних центрах за допомогою індикатора

Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата

ДРБ.ФІТА.ПМ.19.05.ПЗ

Арк.

18

### **2.3 Обґрунтування схеми послідовності обробки заданої деталі та вибір технологічного обладнання**

Механічну обробку розпочинаємо з закріплення заготовки в шпинделі верстата.. На базі даних таблиць 1, геометричних розмірів деталі та враховуючи малосерійний тип виробництва встановлюємо можливість обробки деталі «Болт» токарному верстаті з ЧПУ «HAAS ST-30», який призначений для чорнової та чистової обробки зовнішніх та внутрішніх поверхонь деталей типу «тіл обертання» з ступеневим та криволінійними профілями. Обробку торців у розмір 110 мм проводимо на цьому-ж верстаті. З особливостей обробки можна відмітити , що тут ми можемо провести різьбонарізну операцію.

Далі проводимо чорнову та напівчистому обробку зовнішніх поверхонь.

Свердління отвору буде проводитись на вертикально-свердлувальному верстаті 2Н135 , а лиску ми зробимо на горизонтально-фрезерному 6Р80Ш.

Остаточну обробку проводимо на круглошліфувальному верстаті 3У10В.

На базі проведеного аналізу пропонується технологічна схема виготовлення деталі «Болт», яка зведена у таблицю 3.



Рисунок 2.1 – Токарний верстат з ЧПУ “HAAS ST-30”

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики верстата з ЧПУ «HAAS ST-30»

Виробник:	Haas
Модель:	ST 30
Рік випуску:	2010
Система управління:	HAAS
Максимальний діаметр точіння над станиною(мм) :	806
Довжина точіння(мм) :	660
Діаметр отвору в шпинделі(мм) :	76
Діаметр патрону(мм) :	254
Величина робочого переміщення по осі X(мм) :	324
Величина робочого переміщення по осі Z(мм) :	660
Інструментальних місць в револьвері(шт) :	12
Тип інструментального револьвера :	VDI 40
Обороти шпинделя (об/хв) :	3400
Потужність приводу шпинделя (кВт) :	22,4
Габаритні розміри верстата( Д x Ш x В):	4350 x 2290 x 2490
Вага верстата (кг) :	6500

Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата

ДРБ.ФІТА.ПМ.19.05.ПЗ

Арк.

20

## 2.4 Проектування технологічного маршруту оброблення деталі

Таблиця 2.3 – Технологічна схема виготовлення деталі «Болт»

№ оп	Найменування, короткий зміст операції, технологічні бази	Верстат, обладнання
005	Заготівельна Рубити пруток Ø41 мм	Пресс К9534
010	Правити пруток ( за мірою необхідності)	Пресс И5526
015	Токарна	НААС ST-30
020	Вертикально-свердлувальна Свердлити отвір Ø5	2Н135
025	Горизонтально-фрезерна Фрезерувати дві лиски, витримуючи розмір 29 остаточно	6Р80Ш
035	Зачисна Зачистити задирки	Вібраційна машина ВМПВ-100
040	Круглошліфувальна Шліфувати поверхню $\varnothing 20js6^{(+0,065)}_{(-0,065)}$ начисто Шліфувати поверхню $\varnothing 25e8^{(-0,040)}_{(-0,073)}$ з підшліф- вкою торця $\varnothing 35/\varnothing 25e8$ напівначисто	3У10В
045	Мийна Промити деталь	Мийна машина
050	Навісити бірку з позначенням деталі на тару	
055	Контрольна Технічний контроль	Стіл ВТК
060	Нанесення покриття	

Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата

ДРБ.ФІТА.ПМ.19.05.ПЗ

Арк.

21

## 2.5 Вибір металорізального інструменту

Обираючи металорізальний інструмент, важливо враховувати безліч факторів, що визначають успішність обробки та якість отриманого виробу. Різноманітність інструментів та їхніх характеристик, таких як матеріал вирізання, форма та глибина різки, точність обробки, швидкість та тривалість роботи, роблять вибір між ними важливим етапом у процесі виробництва. У цьому розділі ми детально розглянемо типи металорізальних інструментів, які будуть застосовуватись для обробки нашої деталі.

Сам процес вибору металорізального інструменту буде проводитись за допомогою спеціальних онлайн-калькуляторів, які дадуть нам змогу якомога точніше вибрати потрібне пристосування для нашої обробки.

Пройдемося в загальному по кожній операції та інструменту до неї:

Токарна :

На цій операції нам доведеться провести чорнову обробку, чистову обробку, обробку торців, канавок та нарізання різьби.

Для чорнкової, чистової та обробки торців ми будемо застосовувати різець «CP-25BR-2020-12». Це прохідний різець з вставною пластиною, який дасть нам змогу обробити заготовку, начорно та начисто. Це все завдяки його спеціальній пластині, яка призначена для обробки сталей та литого заліза.



Рисунок 2.2 Різець «CP-25BR-2020-12» за встановленою в нього пластиною

Обробка канавок буде проводитись за допомогою спеціального канавочно-го різця “ RF123G20-2020B” з пластиною «N123G2-0300-0004-ТМ 4325» , яка дасть нам змогу обробити канавку шириною 3 мм за один захід інструменту , а дві інших – за два.

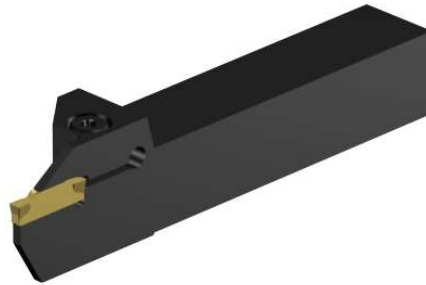


Рисунок 2.3 Вигляд різця «RF123G20-2020B» з встановленою пластиною

Процес нарізання різьби ми забезпечимо різцем «266RFA-2020-16» з пластиною «266RG-16MM01A250M 1125». Особлива форма пластини забезпечить нам максимально плавне нарізання різьби та унеможливить будь-які похибки при обробці.

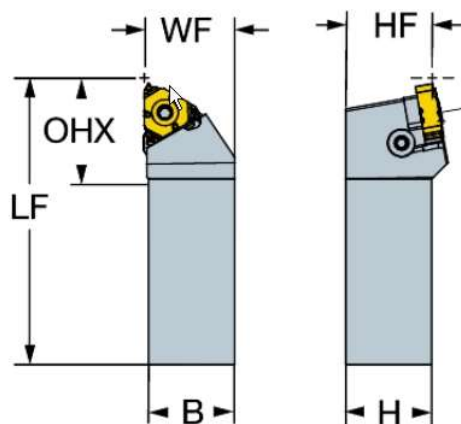


Рисунок 2.4 Схематичний вигляд різця «266RFA-2020-16»

Пластина :

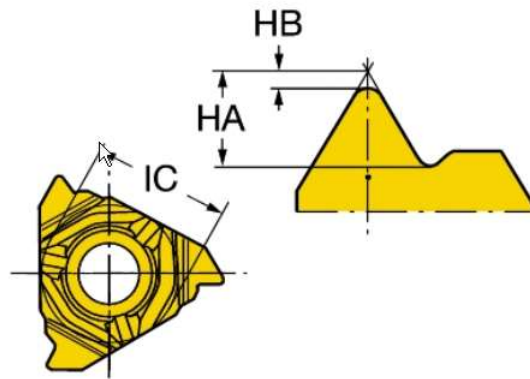


Рисунок 2.5 Схематичний вигляд пластини «266RG-16MM01A250M 1125»

Під час обробки отвору 5 ми будемо використовувати свердло «860.1-0500-037A1-PM P1BM», яке має призначене для обробки отворів такого діаметру з максимальним полем допуску H8.

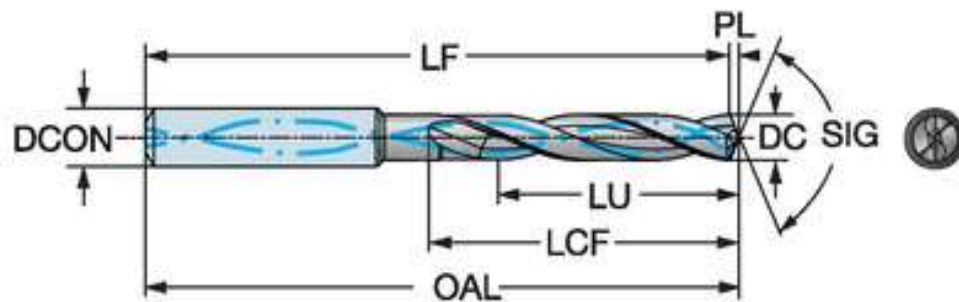


Рисунок 2.6 Схематичне зображення свердла «860.1-0500-037A1-PM P1BM»

Фрезерна операція буде проводитись з використанням фрези «490-040A32-14H», технічні характеристики якої дозволять нам обробити поверхні за максимально короткий проміжок часу.

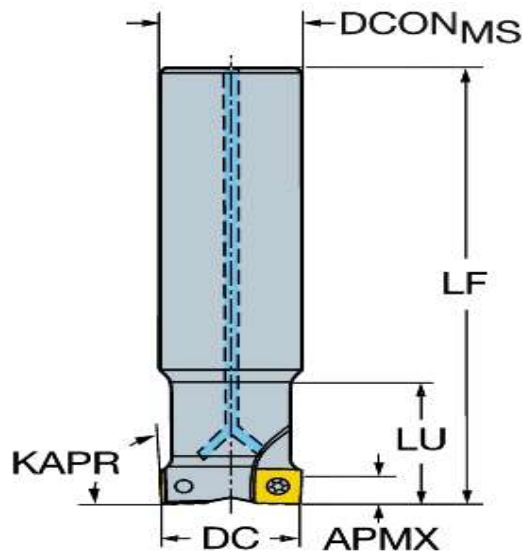


Рисунок 2.7 Схематичне зображення фрези «490-040A32-14Н»

## 2.6 Вибір технологічних баз

Від правильного вибору технологічних баз залежить якість обробки різних деталей. При неправильному їх виборі в нас може бути зіпсоване положення деталі відносно інструменту, що в свою чергу, може призвести до неправильної обробки заданих поверхонь та створення нерівномірних припусків на обробку. А сукупність цих факторів може стати причиною браку деталі.

При виборі технологічних баз необхідно керуватись такими рекомендаціями :

- Для того, щоб досягти максимальної точності кутового положення поверхонь деталі одна відносно іншої і стійкості заготовок, необхідно використовувати поверхні найбільшої довжини в якості технологічних баз.

- В якості технологічних баз слід обирати поверхні, відносно яких слід забезпечити задане положення поверхонь на даному переході/операції.

- Обов'язково потрібно дотримуватись принципу постійності баз та під час обробки використовувати як установочні бази одні й ті самі поверхні.

- За можливістю обробляти максимальну кількість поверхонь з одного установу.

- За необхідністю можна штучно збільшувати розміри тех. баз , або створювати спеціальні технологічні бази.

- На початкових операціях повинні створюватись єдині постійні бази для наступної обробки.

- За чорнові бази на перших операціях можна використовувати поверхні , які взагалі не обробляються , або обробляються пізніше. Поверхні , які використовуються як чорнові бази , повинні бути , за можливістю , гладкими та не мати різних ухилів , нерівностей, прибуткової частини та іншого.

Виходячи з цього , ми можемо зробити такий план вибору технологічних баз :

- Токарна :

Під час цієї операції ми закріплюємо нашу деталь у самоцентруючому трьохкулачковому патроні з піджимом заднього центру , де в якості базуючих поверхонь ми обрали поверхню  $\varnothing 20$  , так як вона є найбільшою за площею з цього боку та лиш її нам дозволяє обрати форма нашої деталі. Тут ми позбавляємо наш виріб 1 , 3 , 5 , 6 ступеней вільності , а ступені 4 та 2 будуть позбавлені за допомогою центру , який підводиться до поверхні  $\varnothing 35$ .

Такий порядок закріплення був зумовлений тим , що в нас є можливість виконати процес різьбонарізання під час токарної операції , але його буде набагато важче виконати , якщо ми не обробимо попередньо поверхню  $\varnothing 35$ .

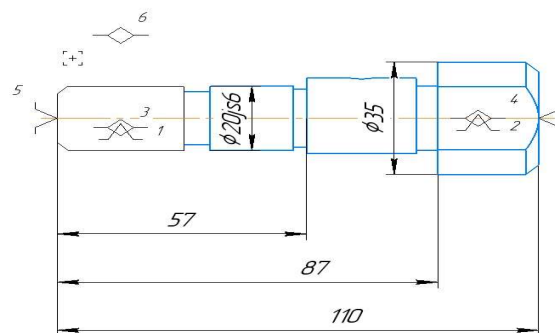


Рисунок 2.9 – Базування деталі при токарній обробці по правому торцю

Далі ми вже можемо провести базування за поверхнею  $\varnothing 35$  та обробити іншу частину нашої деталі.

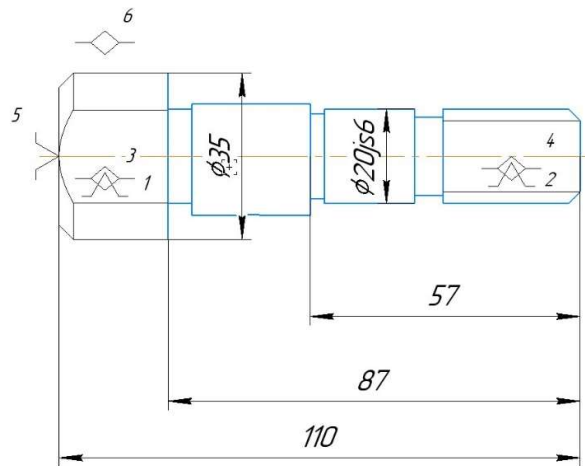


Рисунок 2.8 Базування деталі при токарній обробці по лівому торцю

- Фрезерна

Під час цієї операції наша деталь буде затиснута в лещатах на нашому обраному верстаті, де буде проводитись обробка лисок на діаметрах 35 та 22.

За бази будуть прийматись циліндричні поверхні.

- Свердлувальна

Тут наша задача буде полягати в тому, щоб просвердлити отвір  $\varnothing 5$  на поверхні 22. В цьому нічого складного немає та в якості базової поверхні можна використати циліндричні поверхні нашої деталі. А з додаткового обладнання знадобляться ті ж лещата.

- Шліфувальна

Під час шліфувальної операції нам потрібно надати поверхням  $\varnothing 20js6$  та  $\varnothing 25e8$ . Цю операцію можна провести за один установ, встановивши базування по лівому торцю. Таким чином ми зможемо обробити наші задані поверхні без лишніх дій.

За бази ми будемо обирати циліндричні поверхні.

## 2.7 Розроблення технологічних операцій

- Токарна

Операція 015 виконується на двох технологічних установах у зв'язку з невеликими габаритами даної деталі. Технологічне оснащення – патрон трьохкулачковий самоцентруючий.

Технологічний маршрут на операцію 015 :

А

1 Підрізати торець , точити поверхні  $\varnothing 25e8$  ,  $\varnothing 20js6$  ,  $\varnothing 20$  ( під різьбу) , фаску  $2,5 \times 45^\circ$  начорно

2 Точити поверхні  $\varnothing 25e8$  ,  $\varnothing 20js6$  ,  $\varnothing 20$  ( під різьбу) , фаску  $2,5 \times 45^\circ$  напівначисто

3 Точити канавки  $b = 6$  мм ,  $b = 3$  мм ,  $b = 2$  мм , відрізати деталь , витримуючи розмір 114 мм.

Б

1 Підрізати другий торець , витримуючи розмір 86 , точити поверхню  $\varnothing 35$  , точити фаску  $3 \times 45^\circ$  начорно

- Вертикально-свердлувальна

Операція 020 буде проводитись на одному технологічному установі на верстаті 2Н135. Проводиться відповідно розмітка , відмічається місце нашого отвору за допомогою молотка та кернера , заготовка зажимається в нашому допоміжному пристрої та відбувається сам процес свердління.

Технологічний маршрут на операцію 020 :

А

1 Свердлимо отвір  $\varnothing 5$  , зенкувати фаску  $1 \times 45$ .

- Горизонтально-фрезерна

Під час виконання операції 025 наша деталь буде закріплюватись в нашому спеціальному пристрої та обробиться за один установ.

Технологічний маршрут на операцію 025:

А

					ДРБ.ФІТА.ПМ.19.05.ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		28

1 Фрезерувати дві лиски , витримуючи розмір 29 остаточно ; Фрезерувати лиску на діаметрі Ø25.

- Круглошліфувальна

Ця операція буде проводитись на шліфувальному верстаті 3У10В. Наша деталь буде закріплена у патроні з додатковою підтримкою у вигляді центра.

Технологічний маршрут на операцію 040:

А

1 Шліфувати поверхню  $\varnothing 20js6\left(\begin{smallmatrix} +0,065 \\ -0,065 \end{smallmatrix}\right)$  начисто; Шліфувати поверхню  $\varnothing 25e8\left(\begin{smallmatrix} -0,040 \\ -0,073 \end{smallmatrix}\right)$  з підшліфовкою торця  $\varnothing 35/\varnothing 25e8$  напівначисто.

## **2.8 Вибір проміжних припусків аналітичним способом, встановлення проміжних розмірів з допусками, креслення заготівки.**

Для вибору проміжних припусків ми будемо використовувати розрахунково-аналітичний метод , суть якого полягає в аналізі виробничих похибок , які виникають при конкретних умовах отримання заготовок та їх обробки, на визначенні величини елементів , які складають припуск і їх додаванні. Після цих розрахунків ми можемо встановити оптимальні проміжні розміри заготовок на кожен технологічний перехід.

Припуск на обробку – це шар матеріалу , який в процесі обробки видаляється з поверхні.

Проміжний припуск – це шар матеріалу , який необхідний для виконання обраного переходу. Він визначається різницею розмірів, які отримують на суміжних технологічних переходах процесу обробки даної поверхні.

Загальний припуск – шар матеріалу , необхідний для виконання всієї сукупності технологічних переходів , тобто всього процесу обробки даної поверхні від заготовки до готової деталі. Визначається різницею розмірів чорнової заготовки та готової деталі.

					ДРБ.ФІТА.ПМ.19.05.ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		29

Проведемо розрахунок припусків для поверхні  $\varnothing 25e8 \frac{-0,040}{-0,073}$

Величина мінімального припуску на обробку визначається за формулою:

$$2Z_{imin} = 2(R_{Z_{i-1}} + T_{i-1} + p_{i-1}) \quad (2.1)$$

Де  $R_{Z_{i-1}}$  та  $T_{i-1}$  – відповідно висота нерівностей і глибина дефектного поверхневого шару на попередньому технологічному переході поверхневого шару на попередньому технологічному переході, мкм;

$\rho_{i-1}$  - сумарне значення просторових відхилень для елементарної поверхні на попередньому переході, мкм;

У зв'язку з особливістю обробки нашої деталі, а саме використання центра, формула для знаходження  $p_{i-1}$  буде такою:

$$\rho_{заг} = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{ц}^2} = \sqrt{0,85^2 + 0,65^2} = 0,8650 \text{ мм}$$

$$\rho_{ц} = \sqrt{\frac{\delta^2}{2} + 0,25^2} = \sqrt{\frac{1,15^2}{2} + 0,25^2} = 0,85 \text{ мм.}$$

$$\rho_{кор} = k * l = 1,5 * 110 = 165 \text{ мкм} = 0,165 \text{ мм.}$$

, де  $\delta$  - допуск на діаметральний розмір базової поверхні заготовки, використовуваної під час зацентрування. За ДСТУ 4738:2007 для сталі гарячекатаної круглої звичайної точності (В) діаметра 45 він рівняється 1,15 мм.

$\rho_{ц}$  - погрішність центрування.

$\rho_{кор}$  - короблення деталі.

Знаходимо значення просторових відхилень для кожної операції:

Чорнове точіння :  $\rho_1 = 0,06 * 0,8650 = 52 \text{ мкм.}$

Чистове точіння :  $\rho_2 = 0,04 * 0,8650 = 35 \text{ мкм.}$

Попереднє шліфування :  $\rho_3 = 0,02 * 0,8650 = 18 \text{ мкм.}$

Тепер за допомогою цих даних ми можемо приступати до розрахунку мінімального припуску:

Чорнове точіння :  $2Z_{min1} = 2(150 + 250 + 865) = 2 * 1265 \text{ мкм ;}$

Чистове точіння :  $2Z_{min2} = 2(50 + 50 + 52) = 2 * 152 \text{ мкм ;}$

					ДРБ.ФІТА.ПМ.19.05.ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		30

Попереднє шліфування :  $2Z_{min3} = 2(30 + 30 + 35) = 2 * 95$  мкм.

Графу "Розрахунковий розмір" заповнюємо, починаючи з кінцевого (креслярського) розміру шляхом послідовного додавання розрахункового мінімального припуску кожного технологічного переходу:

Для попереднього шліфування :  $d_{p3} = 24,916 + 0,190 = 25,106$  мм

Для чистового точіння :  $d_{p2} = 25,106 + 0,304 = 25,410$  мм

Для чорнового точіння :  $d_{p1} = 25,410 + 2,53 = 27,940$  мм

Для заготівки :  $d_{p.заг} = 27,490 + 3,53 = 31,020$  мм

Значення допусків кожного технологічного переходу і заготовки приймаємо за таблицями відповідно до квалітета, використовуваного методу обробки.

Найменший граничний розмір визначаємо округленням розрахункових розмірів у бік збільшення їхніх значень. Заокруглення проводимо до того ж знака десяткового дробу, з яким дано допуск на розмір для кожного переходу. Найбільші граничні розміри визначаємо додаванням допусків до округлених найменших граничних розмірів:

$$d_{max3} = 25,106 + 0,025 = 25,131 \text{ мм}$$

$$d_{max2} = 25,410 + 0,100 = 25,51 \text{ мм}$$

$$d_{max1} = 27,940 + 0,340 = 28,28 \text{ мм}$$

$$d_{max.заг} = 31,020 + 1,800 = 32,820 \text{ мм}$$

Максимальні граничні значення припусків  $Z_{max}^{PP}$  дорівнюють різниці найбільших граничних розмірів, а мінімальні значення  $Z_{min}^{PP}$  - відповідно різниці найменших граничних розмірів попереднього і виконаного переходів:

$$Z_{max}^{PP3} = 25,51 - 25,131 = 0,379 \text{ мм}$$

$$Z_{max}^{PP2} = 28,28 - 25,51 = 3,149 \text{ мм}$$

$$Z_{max}^{PP1} = 32,820 - 28,28 = 4,54 \text{ мм}$$

$$Z_{min}^{PP3} = 25,410 - 25,106 = 0,304 \text{ мм}$$

$$Z_{min}^{PP2} = 27,940 - 25,410 = 2,53 \text{ мм}$$

$$Z_{min}^{PP1} = 31,020 - 27,940 = 3,08 \text{ мм}$$

Обчислені результати заносимо у таблицю 2.4.

					ДРБ.ФІТА.ПМ.19.05.ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		31

Таблиця 2.4 – Припуски на обробку поверхні Ø25e8

Технологічні переходи обробки поверхні	Елементи припуску			Розрахунковий припуск, $2Z_{imin}$ мм	Розрахунковий розмір, $d_i$ min мм	Допуск, $\sigma$ мм	Граничні розміри		Граничні значення	
	$R_{Z_i}$	$T_i$	$\rho_i$				$d_{max}$	$d_{min}$	$Z_{imax}$	$Z_{imin}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Заготівка	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Точіння чорнове	150	250	52	1265	27,940	0,340	28,28	27,94	4,54	3,08
Точіння напівчис-тове	50	50	35	152	25,410	0,010	25,51	25,41	3,149	2,53
Шліфування попереднє	30	30	18	95	25,106	0,025	25,131	25,106	0,379	0,304

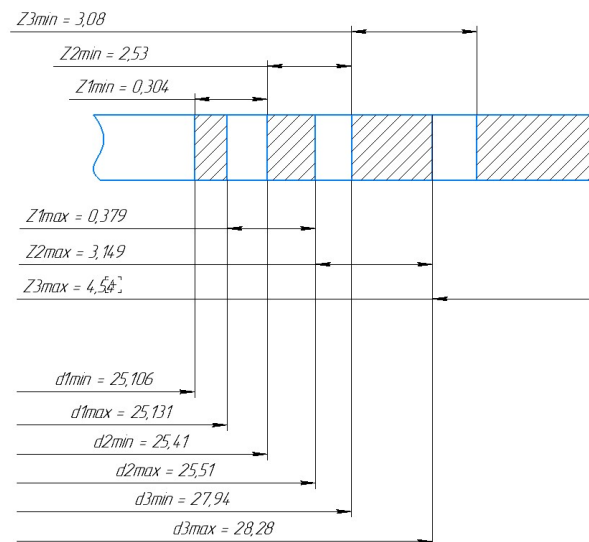


Рисунок 2.10 – Графічне зображення припусків для обробки поверхні Ø25e8

Вибираємо проміжні припуски та розраховуємо проміжні розміри по переходах. Результати розрахунків між операційних припусків і розмірів заносимо у таблицю 2.5.

Таблиця 2.5 – Зведена таблиця розрахунків між операційних припусків та розмірів

Метод обробки поверхні	Ряд точності, квалітет	Параметр шорсткості, мкм	Припуск на розмір, мм	Проміжні розміри, мм
Ø20js6				
Шліфування чистове	6(js6)	R <sub>a</sub> 1,6	0,15	Ø20js6
Шліфування попереднє	8(h8)	R <sub>a</sub> 2,5	0,4	Ø20,15h8
Точіння напівчистове	11(h11)	R <sub>a</sub> 3,2	1,0	Ø20,55h11
Точіння чорнове	14(h14)	R <sub>a</sub> 6,3	23,45	Ø21,55h14
Заготівка	-	-	-	45 <sup>+0,4</sup> <sub>-0,7</sub>
Ø20 (під різьбу М20-8g)				
Точіння чистове	~12	R <sub>a</sub> 3,2	1	Ø30
Точіння чорнове	14(h14)	R <sub>a</sub> 6,3	14,0	Ø31h14
Заготівка	-	-	-	45 <sup>+0,4</sup> <sub>-0,7</sub>

Креслення деталі приведені у графічній частині дипломного проекту.

## 2.9 Розрахунок режимів різання

Розрахунки режимів різання в нас будуть проводитись з використанням спеціальних онлайн-калькуляторів, які забезпечать нам максимальну точність при обробці та зменшать час на кожну операцію

Перед початком будь-якої операції з різання металу, незалежно від її складності чи масштабу, необхідно провести комплексний аналіз та розрахунки, щоб забезпечити оптимальну швидкість різання, максимальну точність та тривалість експлуатації інструменту. Велике значення має вибір правильного режиму різання, який враховує матеріал обробки, тип інструменту, глибину різки,

Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата

швидкість різання та інші фактори, що впливають на якість та продуктивність процесу.

З використанням спеціальних онлайн-калькуляторів можна значно спростити і прискорити цей процес, отримуючи точні та надійні результати без значного затруднення. Такі калькулятори базуються на передових технологіях та алгоритмах, що дозволяють автоматично обчислювати оптимальні параметри різання, забезпечуючи оптимальне співвідношення між швидкістю, точністю та експлуатаційною ефективністю.

У цьому розділі ми розглянемо основні принципи розрахунку режимів різання, переваги використання онлайн-калькуляторів у цьому процесі, а також докладно розглянемо критичні параметри та фактори, які слід враховувати при виборі оптимального режиму різання для вашого проекту.

Будемо розбирати кожну операцію окремо :

- Токарна

Тут буде проводитись чорнова , чистова обробка , нарізання різьби та канавок.

Нижче буде приведений приклад розрахунку режимів різання для обробки однієї з ступеней вала з використанням онлайн-калькулятора «Sandvik Coromant».

При заході на сайт з нашим калькулятором нас зустрине вікно , де нам потрібно вибрати спосіб нашої обробки та додаткова інформація.



Рисунок 2.11 Вступне вікно в онлайн-калькуляторі Sandvik Coromant

Далі нам потрібно буде обрати вид оброблюваної поверхні. В нашому випадку це Symmetrical rotating (симетричне тіло обертання). Та в цьому ж вікні оберемо матеріал – це , в нашому випадку , сталь з твердістю 220 НВ.

Після вибору матеріалу та способу обробки нам потрібно уточнити яку саме циліндричну поверхню ми будемо обробляти.



Рисунок 2.12 Вікно з детальним вибором оброблюваної поверхні

На вибір нам дається : Thread(різьба) , Parting and Groove(канавка), Internal(внутрішня обробка), Hole in Rotation component(отвір в обертаючому об'єкті), External(звичайна зовнішня обробка циліндричної поверхні). Обираємо зовнішню циліндричну обробку.

Після вибору нашої основної поверхні для обробки нам потрібно вказати яка саме це поверхня з запропонованих.



Рисунок 2.13 Вікно з вибором циліндричних поверхонь

Програма дає нам змогу обрати з : Cylindrical surface with relief(циліндрична поверхня зі складним профілем), Cylindrical surface(циліндрична поверхня з простим профілем), Cylindrical surface with shoulder(циліндрична поверхня з уступом), Facing of a bar(торець). В нашому прикладі ми будемо обробляти поверхню  $\varnothing 25$  , тому обираємо варіант циліндричної поверхні з уступом.

Після цього програма дає нам можливість перейти одразу на сторінку з вибором режимів різання або ввести додаткові дані про наше обладнання.

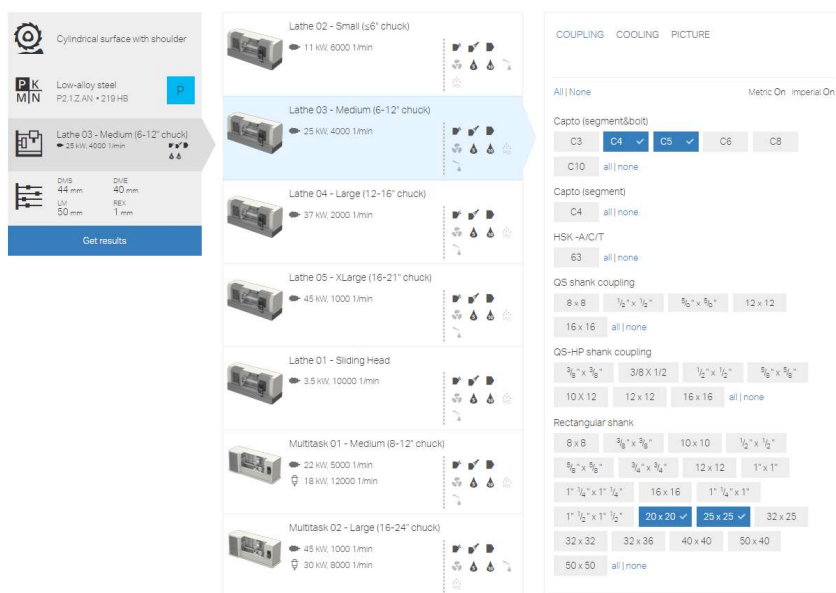


Рисунок 2.14 Вікно з вибором технологічного обладнання

Тому ми й спочатку оберемо наше технологічне обладнання. В цьому діалоговому вікні нам пропонують спочатку обрати тип нашого верстата. Проведення нашої токарної операції відбувається на токарному верстаті з ЧПУ HAAS ST-30, який відносить до середніх(за розміром верстатів) з 10-дюймовим шпинделем. Тому обираємо й варіант Lathe 03(Токарний верстат 3-го типу).

Після цього в нас є можливість обрати можливість з'єднання. З варіантів є: QS shank coupling(з'єднання муфтою з хвостовиком QS), QS-HP shank coupling(з'єднання муфтою з хвостовиком QS-HP), Rectangular

shank(прямокутний хвостовик) та інші. В нашому випадку непотрібно вводити цих додаткових даних та можна переходити до наступної вкладки.

У вкладці «Cooling»(охолодження) ми можемо обрати додаткові дані , проте , як буде охолоджуватись наша деталь. В “Cooling style”(Тип охолодження) ми робимо вибір , яким способом буде охолоджуватись наша деталь. Це може бути Internal(внутрішнє охолодження), External(зовнішнє), Dry(насухо).



Рисунок 2.15 Вікно з вибором типу охолодження

Ще можна обрати тип нашого охолоджувача. До них відносяться : Compressed air(стиснуте повітря), Emulsion 5%(Емульсія), Emulsion 10%, Minimum quantity lubrication(мінімальна кількість лубрику), Oil(масло). Вибір був зроблений на рисунку 2.15.

Тепер ми можемо приступати до вікна , де ми вказуємо дані щодо нашої оброблюваної поверхні.

Working conditions	Workpiece surface condition code Pre-machined	Cutting condition code Continuous cut	Stability of fixturing Good stability
--------------------	--	--	--

Operation type CTPT	Pre-machining and finishing	
Machined diameter start DMS	<input type="text" value="44"/> mm	
Machined diameter end DME	<input type="text" value="40"/> mm	
Machined length LM	<input type="text" value="50"/> mm	
Corner radius maximum REK	<input type="text" value="1"/> mm	
Ra roughness value on the face RRA	<input type="text"/> $\mu\text{m}$	
Ra roughness value longitudinal RRA	<input type="text"/> $\mu\text{m}$	
PrimeTurning™		
More		
Rotational speed maximum RPMX	<input type="text"/> 1/min	
Maximum cutting torque MMCX	<input type="text"/> Nm	
Hand HAND	<input type="text" value="Right"/>	



Рисунок 2.16 Вікно з вибором даних про оброблювану поверхню

В цьому вікні нам потрібно вказати умови нашої обробки. Розпочнемо по порядку : “Workpiece surface condition code”(Яка якість нашої заготовки) – обираємо Pre-machined(попередньо оброблена). “Cutting condition code”(Властивості різання) – обираємо “Continuous cut”(Продовжуюче різання). “Stability of fixturing”(Якість закріплення) – “Good Stability”(Хороше закріплення).

Далі ми вводимо додаткові дані про нашу поверхню та тип обробки. “Operation type”(тип обробки) – “Pre-machining and finishing”(чорнова та чистова обробка). “Machined diameter start”(початковий оброблюваний діаметр) – вводим 35 мм, “Machined diameter end”(кінцевий оброблюваний діаметр) – 25 мм, “Machined length”(довжина різання) – 22 мм, “Corner radius maximum”(максимальний радіус при куті) – 1 мм, “Ra roughness value on the face”(жорсткість по Ra на уступі) – 3.2, “Ra roughness longitudinal”(жорсткість по Ra на довжині поверхні) – 1.6. Також нам пропонують обрати додаткові дані при обробці, а саме : “Rotational speed maximum” – максимальна частота обертання, “Maximum cutting torque” – максимальний крутний момент , “Hand” – напрям різця.

Далі ми натискаємо на кнопку «Get results» та отримуємо результати наших розрахунків.

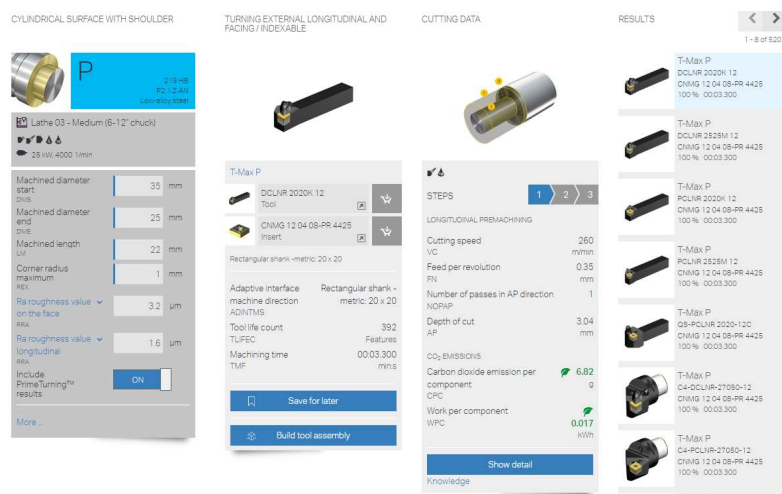


Рисунок 2.17 – Результати розрахунків режимів різання

Після отримання результатів ми можемо обрати ріжучий інструмент та пластину до нього та подивитись на кроки нашої обробки. Далі ми завантажувемо наші результати у PDF файлі для отримання більш докладної інформації.

В отриманих результатах ми можемо спостерігати те, як саме буде оброблятися наша поверхня та відповідні режими різання до неї. Занесемо їх у таблицю 2.6.



Рисунок 2.18 Спрощена циклограма обробки обраної поверхні

Таблиця 2.6 – Розрахунок режимів різання для обробки поверхні Ø25.

Величина	1	2	3
Початковий діаметр, мм	35	28.92	35
Кінцевий діаметр, мм	28.92	25	25
Глибина різання, мм	3.04	1.96	1.96
Швидкість різання, м/хв	260	298	276
Подача на оберт, мм	0.35	0.206	0.288
Частота обертання, 1/мм	2860	3800	3520

Аналогічні розрахунки проводимо для інших поверхонь та операцій.

## 2.10 Розробка керуючої програми

Розробка керуючої програми для верстату з числовим програмним керуванням (ЧПК) для обробки вала - це складний і важливий етап у процесі виробництва механічних деталей. Виготовлення валів зазвичай потребує точності, високої ефективності та забезпечення високої якості обробки. Керуюча програма визначає рухи інструменту, швидкість різання, глибину різки та інші параметри, необхідні для створення валу з необхідними характеристиками.

У процесі написання керуючої програми для ЧПК важливо враховувати різноманітні аспекти, такі як:

- Геометрія вала: Визначення геометричних параметрів вала, таких як діаметр, довжина, фаски, канавки та інші особливості.
- Матеріал: Врахування властивостей матеріалу вала, таких як твердість, міцність, теплопровідність, що впливають на параметри обробки.
- Інструменти: Вибір правильних інструментів для кожного етапу обробки, включаючи свердла, фрези, різці тощо.

Стадії обробки: Розподіл обробки на етапи, такі як свердління отворів, різання різьби, фрезерування поверхні та шліфування для досягнення бажаного результату.

Безпека та ефективність: Забезпечення безпеки у процесі роботи верстата та оптимізація шляху руху інструменту для забезпечення максимальної ефективності та точності обробки.

У цьому процесі керуюча програма відіграє критичну роль у забезпеченні високої якості виробу та оптимальної продуктивності верстата ЧПК. Вона повинна бути написана з урахуванням всіх технічних та технологічних аспектів обробки вала, щоб досягти найкращого результату у вигляді готового виробу.

Розробка нашої програми починається з занесення нашої деталі у те програмне забезпечення, яке буде писати нам управляючу програму. Для цього нам потрібно зберегти нашу 3-Д модель у форматі «Parasolid».

Ми обрали програму ESPRIT – тому процес написання УП починається з вибору та завантаження нашої деталі.

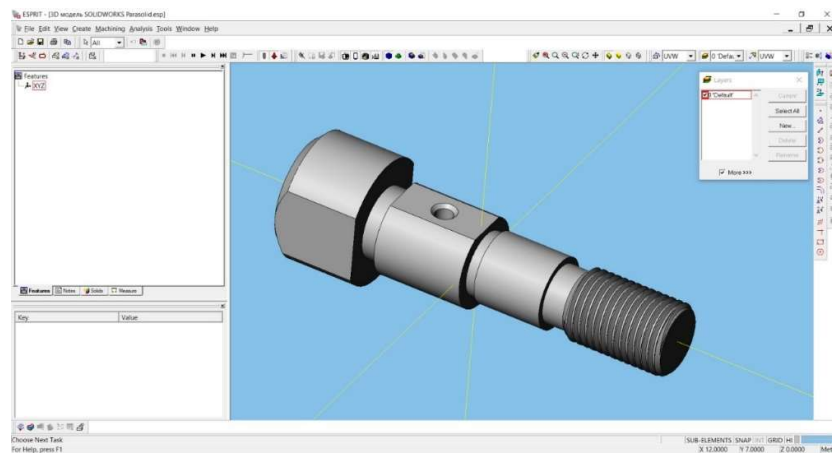


Рисунок 2.19 Деталь, завантажена у ESPRIT

Після цього ми вводимо дані про тип нашої обробки, розмір заготівки та дивимось як наша деталь буде виглядати у патроні. Далі ми робимо контур нашої обробки та обираємо необхідні поверхні, які будуть оброблятися спеціальним інструментом.

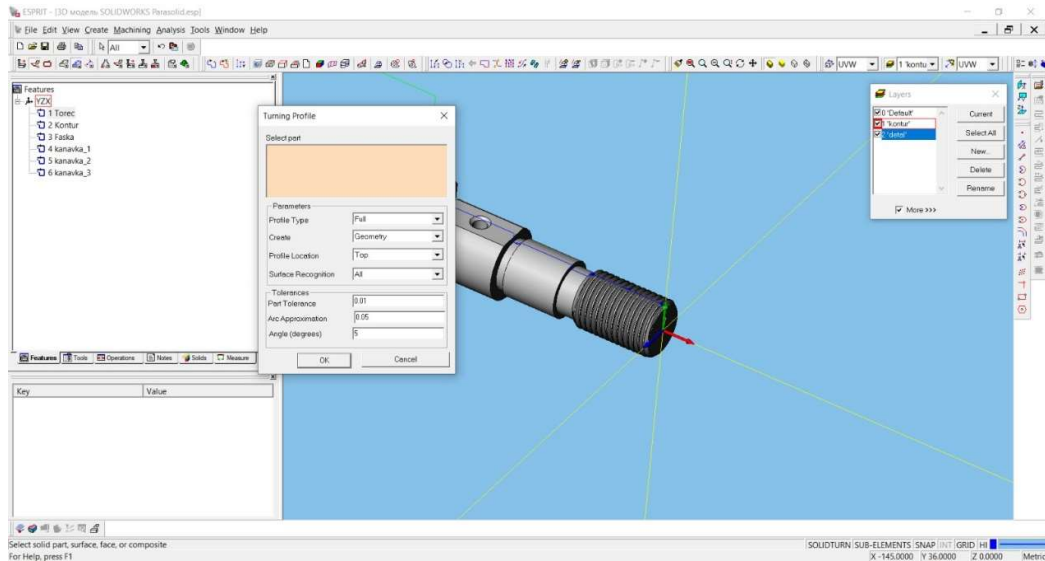


Рисунок 2.20 Вибір контуру обробки

По закінченню вибору контуру обробки ми приступаємо до підбору різального інструменту. Він оберається в вкладці “tools”.

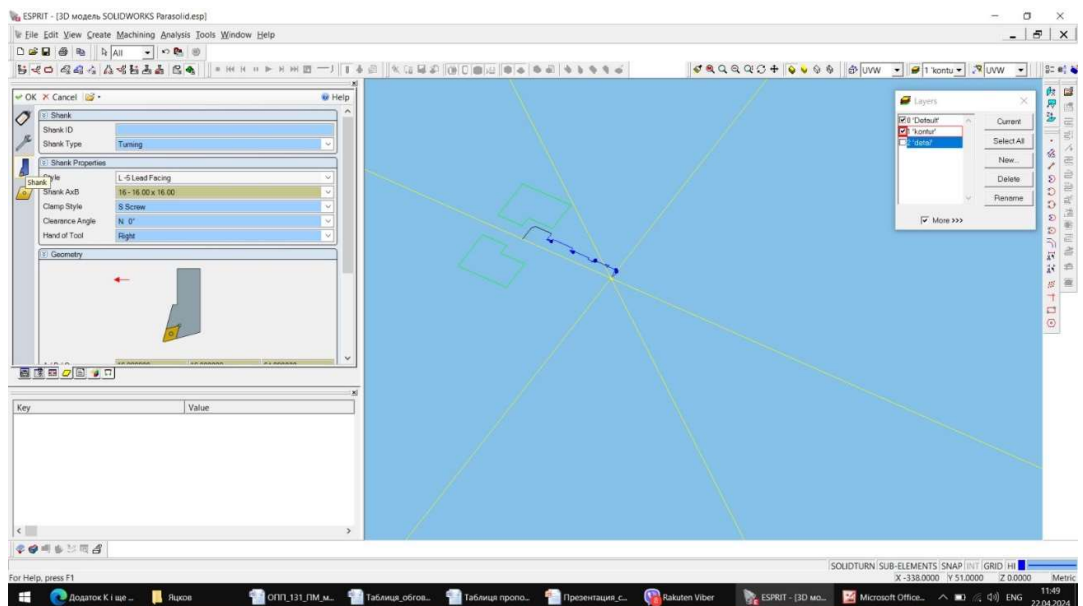


Рисунок 2.21 Вибір різального інструменту

Після вибору різального інструменту ми можемо подивитись , як буде виглядати наша деталь при безпосередній обробці на верстаті.

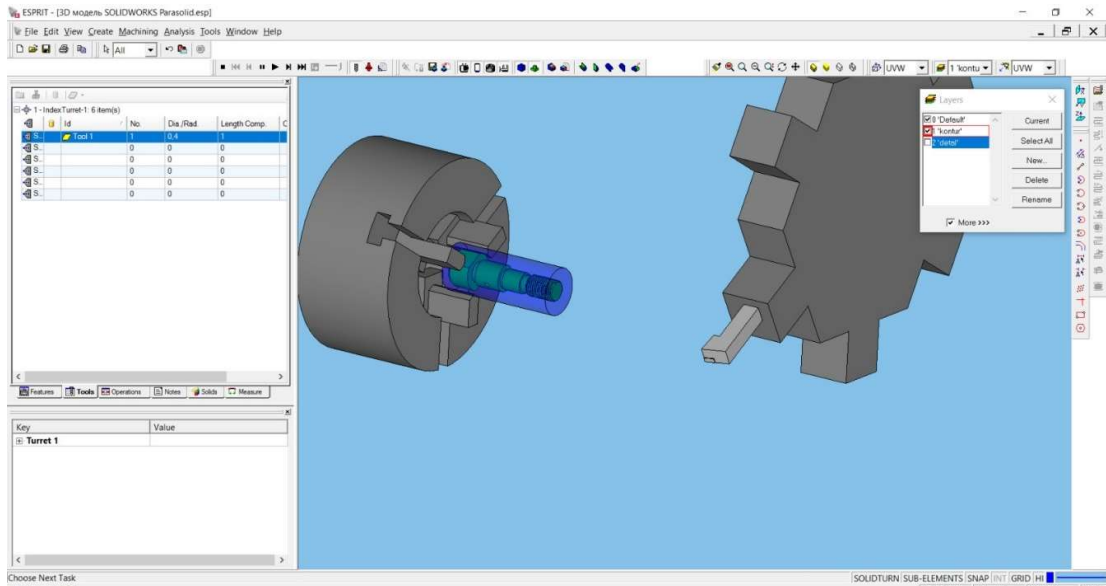


Рисунок 2.22 Вигляд деталі при обробці

Слідом за цим ми призначаємо режими різання та те як буде оброблювати наш інструмент.

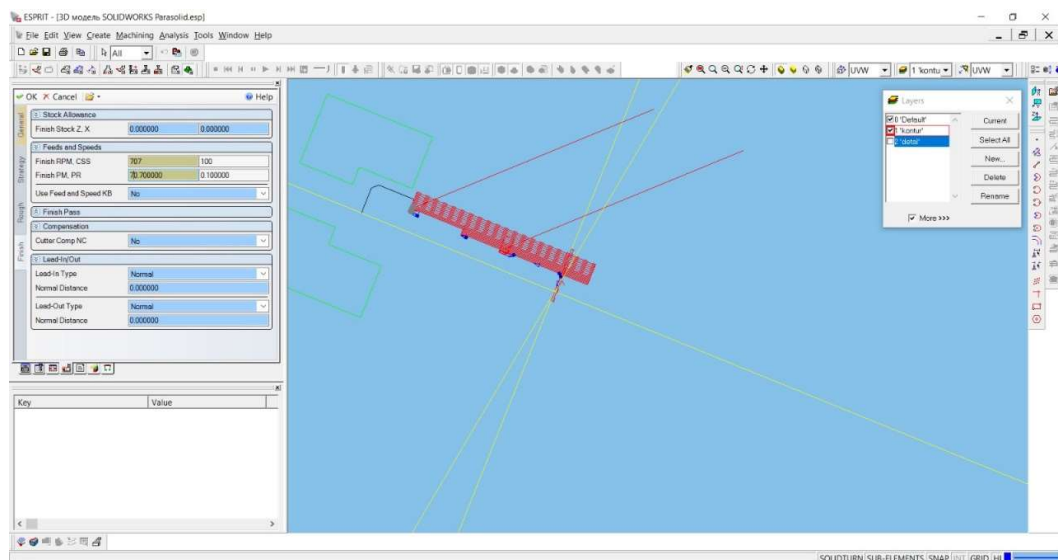


Рисунок 2.23 Процес вибору обробки поверхонь

Вже по закінченню вибору обробки наших поверхонь та симуляції обробки, ми можемо обрати построцесор та закінчувати роботу.

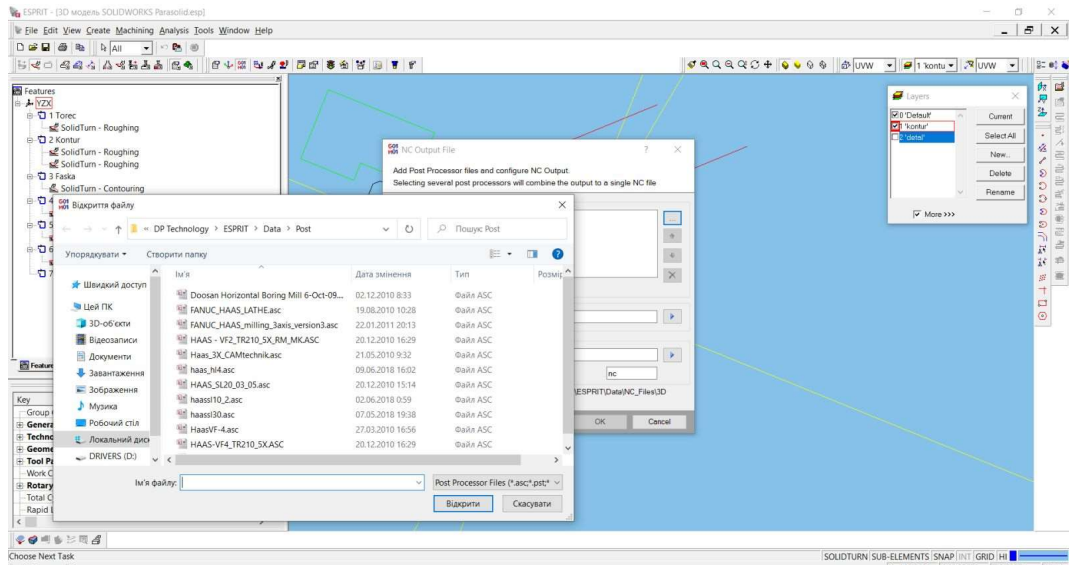


Рисунок 2.24 Вибір постпроцессора

## 3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

### 3.1 Проектування верстатного пристрою для закріплення заготовки при фрезеруванні шпонкового пазу

В даному пункті розглядаємо проектування пристрою для закріплення заготовки-осі при свердлуванні отвору на фрезерному верстаті мод. 2Н135

#### 3.1.1 Вибір установчих елементів, схеми базування та способу закріплення деталі в пристрої

Під час вибору установчих елементів розглядають загальні принципи встановлення заготовок. До установчих елементів пред'являються наступні вимоги: кількість і розміщення елементів, орієнтація заготовки відповідно до прийнятої схеми базування та її достатня стійкість в пристосуванні.

При використанні необхідних баз з параметром жорсткості  $R_a > 20$  мкм, установочні елементи слід здійснювати з обмеженою опорною поверхнею, щоб зменшити вплив нерівностей цих баз на стійкість заготовки. Установочні елементи не повинні пошкоджувати базові поверхні, особливо ті, які не підлягають повторній обробці. Установочні елементи мають бути жорсткими, а їхню жорсткість можна підвищити, поліпшуючи якість з'єднання елементів з корпусом пристосування. Для цього застосовують шліфування поверхонь стиків і сильне прижимання елементів до корпусу пристосування кріпленням деталями.

Зносостійкість опорних поверхонь підвищують, виготовляючи їх із сталей, які піддаються термічній обробці до твердості 56-61 HRC. Знос опор можна зменшити за допомогою хромування їх несучих поверхонь або наплавкою твердого сплаву, а також шліфуванням поверхні до отримання  $R_a = 0,63-0,32$  мкм.

					ДРБ.ФІТА.ПМ.19.05.ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ док.м.	Підпис	Дата		45

Для циліндричної поверхні діаметром 25 мм у проектованому пристрої використовують призми зі сталі 20 з цементуванням опорних поверхонь на глибину 0,8-1,2 мм до твердості 56-61 HRC.

Установка заготовок під час обробки характеризується шістьма степенями вільності, що визначають можливість їх переміщення та повороту. При повному орієнтуванні заготовки використовують повний контакт базових поверхонь з елементами пристрою, які жорстко закріплені в його корпусі. Це забезпечується прикладенням до заготовки відповідних сил кріплення. Кількість опор, на які встановлюється заготовка, не повинна перевищувати шість. При збільшенні відстані між опорами зменшується вплив похибок форми базових поверхонь на положення заготовки.

Виходячи з того, що було вище сказано, установочими базами на операцію приймаємо циліндричну поверхню  $\varnothing 25$  і торець 1. Дивись рис.3.1

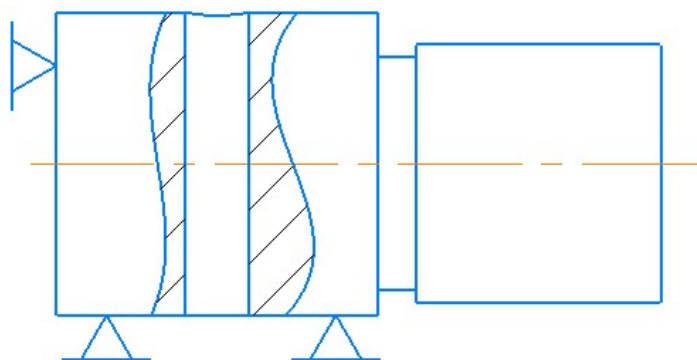


Рисунок 3.1 Базування поверхонь при свердлуванні отвору

### 3.1.2 Розрахунок необхідних сил закріплення деталі та приводу пристрою

Основна мета закріплюючих пристосувань полягає у забезпеченні надійного контакту між заготовкою та установочними елементами, запобіганні її зміщенню та вібраціям під час обробки. Залежно від джерела закріплюючої сили, такі механізми поділяються на ручні та механізовані.

У випадку пристрою, заготовка фіксується в призмі за допомогою своїх базових циліндричних поверхонь. Щоб спростити роботу на пристосуванні та підвищити надійність затиску, ми використовуємо механізований затискний механізм, який приводиться в рух за допомогою пневмоциліндра.

Схема закріплення для фрезерування має такий вигляд:

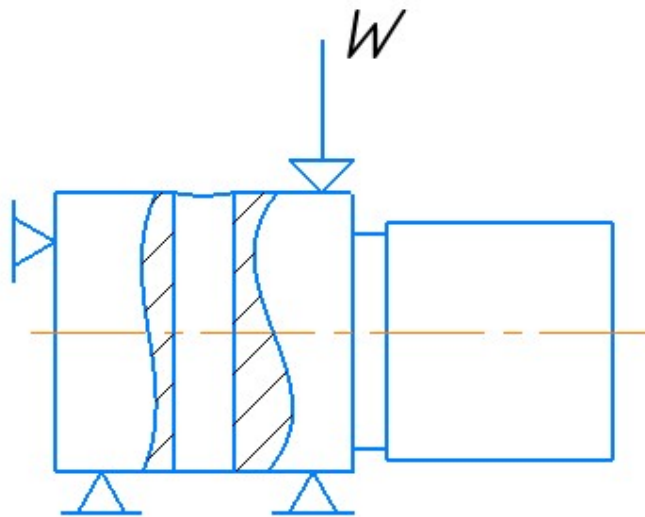


Рисунок 3.2 Сили закріплення при сведлуванні отвору

При сведлуванні сила різання намагається зрушити заготовку навколо осі.

### 3.1.3 Розрахунок сили закріплення W

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

$$P_z \cdot L_1 \cdot k = (W \cdot f_1 + W \cdot f_2 + W \cdot f_3) \cdot \frac{D}{2}$$

де,  $f_1, f_2, f_3$  – коефіцієнти тертя заготовки з встановлюючими та застискаючими елементами.

$$W = \frac{k \cdot P_z \cdot L \cdot 2}{(f_1 + f_2 + f_3) \cdot D} \quad (3.1)$$

$P_z$  - Сила різання при сверлуванні

Коефіцієнт тертя сталі по сталі :

$$f_1 = f_2 = f = 0.15$$

Приймаємо коефіцієнт запасу  $k = 1,3$  [12].

Тоді сила закріплення:

$$W = \frac{1.3 \cdot 505 \cdot 0,014}{(0.15 + 0.15 + 0.15) \cdot 0,056} = 364 \text{ Н}$$

В даному випадку розрахунок приводу пристосування, заключається в визначенні діаметру пневмоциліндра.

З схеми закріплення деталі видно, що

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

Приймаючи співвідношення плеча ричага:

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{13}{9}$$

Визначаємо необхідне зусилля на шток пневмоциліндра:

$$Q = \frac{364 \cdot 13}{9} = 527 \text{ Н}$$

Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата

Зусилля на шток пневмоциліндра залежить від робочого тиску повітря і внутрішнього діаметра циліндра:

$$Q = P_n \cdot \frac{\Pi \cdot D_c^2}{4} \quad (3.2)$$

де,  $P_n = 0,4$  МПа – робочий тиск повітря в пневмосистемі;

$D_c$  – діаметр циліндра мм.

Підставляємо значення в формулу та обраховуємо:

$$D_c = \sqrt{\frac{4Q}{P_n \cdot \Pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 527}{0,4 \cdot 3,14}} = 40,96 \text{ мм}$$

З стандартного ряду вибираємо циліндр з діаметром:  $D_c = 50$  мм.

Розраховуємо фактичне зусилля на штокові за формулою:

$$Q_\phi = P_n \cdot \frac{\Pi \cdot D_c^2}{4} = 0,63 \frac{3,14 \cdot 50^2}{4} = 1237 \text{ Н}$$

Для полегшення роботи на пристосуванні та збільшенні надійності затиску застосуємо механізований затискуючий механізм з приводом від пневмоциліндра.

### 3.1.4 Розрахунок елементів пристрою на міцність

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

Проводимо перевірочний розрахунок цієї вісі на зріз та зминання . Для розрахунку складаємо розрахункову схему яка показана на рис 3.3.

					ДРБ.ФІТА.ПМ.19.05.ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		49

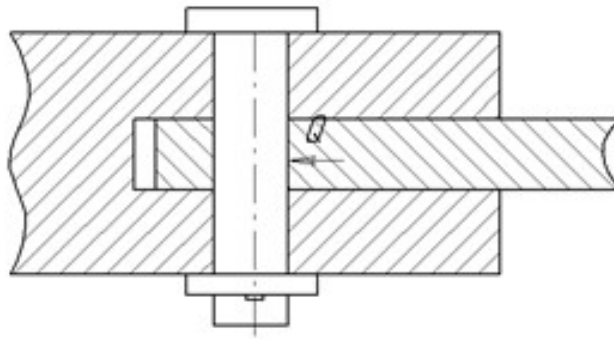


Рисунок 3.3 - Розрахункова схема

Умова міцності на зріз визначаємо із співвідношення

$$\frac{Q}{n \cdot A} \leq [\tau]_{зр} \quad (3.3)$$

де Q – сила діюча у перерізі, Н. Q = 1237 Н.

A – Площа перерізу, мм<sup>2</sup>.

n – Кількість площин зрізу.

Згідно формули визначаємо мінімально допустимий діаметр осі.

$$d \geq \sqrt{\frac{4Q}{2[\tau]_{зр} \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1237}{60 \cdot 3,14}} = 5,12 \text{ мм}$$

По конструктивним міркуванням приймаємо d = 6 мм.

Умову міцності на зминання визначаємо з співвідношення

$$\frac{Q}{\delta \cdot d} \leq [\sigma]_{зм}$$

де δ - товщина стінки опори.

$$\delta \geq \sqrt{\frac{Q}{[\sigma]_{зм} d}} = \sqrt{\frac{1237}{200 \cdot 10}} = 0,61 \text{ мм}$$

З конструктивних міркувань d приймаємо 5 мм.

Умова виконується

### 3.1.5 Розрахунок пристрою на точність

Похибку установки визначаємо за формулою:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{np}^2}, \quad (3.4)$$

де  $\varepsilon_{\delta}$  - похибка базування деталі,  $\varepsilon_{\delta} = 0,5T_D \frac{1}{\sin \lambda/2}$

$$\varepsilon_{\delta} = 0,5 \cdot 0,1 \cdot \frac{1}{\sin \lambda/2} = 0,5 \cdot 0,1 \cdot 1,42 = 0,071 \text{ мм}$$

$\varepsilon_3$  - похибка закріплення,  $\varepsilon_3 = 0,09$  мм (затиск прихватом) [3];

$\varepsilon_{np}$  - похибка пристрою:

$$\varepsilon_{np} = \sqrt{\varepsilon_{виг}^2 + \varepsilon_{зн}^2 + \varepsilon_{фікс}^2}$$

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

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

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

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

$$\varepsilon_y = \sqrt{0,071^2 + 0,09^2 + 0,025^2} = 0,075 \text{ мм.}$$

Допустиму підсумкову похибку пристрою визначаємо за формулою:

$$\varepsilon_{дон} = TD - \kappa \cdot w, \quad (3.5)$$

де TD – поле допуску на виконуваний розмір деталі, TD = 0,1 мм;

$\kappa$  – поправочний коефіцієнт,  $\kappa = 0,8$  [3];

w – точність обробки на вибраному верстаті, w = 0,01 мм, [3].

$$\varepsilon_{дон} = 0,1 - 0,8 \cdot 0,01 = 0,092 \text{ мм.}$$

Умова  $\varepsilon_{дон} \geq \varepsilon_y$  виконується.

### 3.1.6 Робота пристрою для свердлування

У цьому пристрої деталь фіксується у двох призмах. Коли стиснене повітря потрапляє в поршневу порожнину пневмоциліндра, воно тисне на поршень, переміщаючи його вправо. Важіль, який знаходиться на осі, що в свою чергу закріплена в корпусі пристрою, взаємодіє з закріпленою заготовкою. Призматичні губки зближуються до центру, затискаючи деталь. У цій конструкції немає кондукторної плити з двома кондукторними втулками, оскільки обробка проводиться на верстаті з ЧПК.

Після свердління двох отворів на одному торці деталь розкріплюється за допомогою стиснутого повітря у штокову порожнину пневмоциліндра. Після цього поршень зі штоком рухається вліво, розкріплюючи заготовку через важіль. Після закінчення свердління цих отворів деталь розкріплюється та знімається з пристосування. Після цього заготовка повторно встановлюється, і проводиться свердління отворів у другому торці.

На нижній плиті корпусу пристрою встановлені дві шпонки, які допомагають орієнтувати пристрій на столі верстата. До столу нижня плита корпусу пристрою кріпиться за допомогою двох стандартних болтів.

## 3.2 Проектування верстатного пристрою для закріплення заготовки при фрезеруванні шпонкового пазу

В даному пункті розглядаємо проектування пристрою для закріплення заготовки-осі при фрезеруванні лисок на фрезерному верстаті мод 6P80Ш.

### 3.2.1 Вибір установчих елементів, схеми базування та способу закріплення деталі в пристрої

При виборі елементів для установки заготовок дотримуються загальні принципи, що включають в себе кількість та розміщення елементів, орієнтацію заготовки відповідно до схеми базування та її стійкість в пристосуванні. При використанні необхідних баз з параметром жорсткості  $R_a > 20$  мкм, установочні

					ДРБ.ФІТА.ПМ.19.05.ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		52

елементи виконуються з обмеженою опорною поверхнею для зменшення впливу нерівностей цих баз на стійкість заготовки. Необхідно також уникати пошкодження базових поверхонь, особливо тих, які не підлягають повторній обробці, та забезпечити достатню жорсткість установочних елементів.

Для підвищення зносостійкості опорних поверхонь їх виготовляють зі сталей, що проходять термічну обробку до твердості 56...61 HRC. Знос опор також можна зменшити хромуванням їх несучих поверхонь або наплавкою твердого сплаву, та шліфуванням поверхні до отримання  $Ra = 0,63...0,32\mu\text{м}$ .

У якості установочних елементів для циліндричної поверхні  $\varnothing 9,5$  мм використовують призми зі сталі 20 з цементуванням опорних поверхонь на глибину 0,8...1,2мм до твердості 56...61 HRC.

Схема базування визначає положення заготовки в просторі за шістьма степенями вільності. При повному орієнтуванні заготовок вони мають повний контакт з базовими поверхнями елементів пристрою, що допомагає зберегти стійке положення заготовок під час обробки. Необхідно дотримуватись умов невідрильності баз від опор, щоб забезпечити стабільність заготовок.

Виходячи з того, що було вище сказано, установочими базами на операцію приймаємо циліндричну поверхню  $\varnothing 2$ . Дивись рис.3.4

Схема базування має такий вигляд:

					ДРБ.ФІТА.ПМ.19.05.ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		53

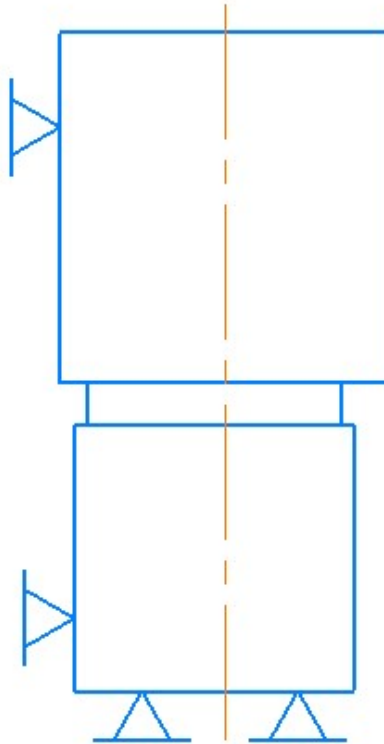


Рисунок 3.4 – Схема базування осі при фрезеруванні

### 3.2.2 Розрахунок необхідних сил закріплення деталі та приводу пристрою

Основною метою закріплюючих пристосувань є створення надійного контакту між заготовкою та установочними елементами, а також запобігання її зміщенню та вібраціям під час обробки. Закріплюючі механізми класифікуються на ручні та механізовані, в залежності від джерела закріплюючої сили.

У моєму проекті заготовка з фіксується в двох призмах. Одна з призм є нерухомою, а інша - рухомою, і вона виступає як затискний елемент, направлений з права на ліво. Для полегшення роботи на пристосуванні та підвищення надійності затиску використовується механізований затискний механізм з приводом від пневмоциліндра.

Схема закріплення для фрезерування має такий вигляд:

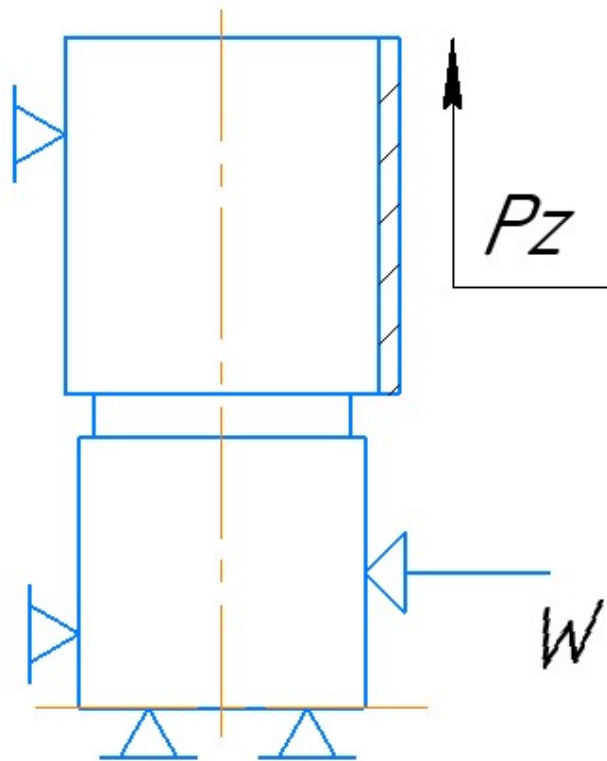


Рисунок 3.5 Схема для розрахунку сили закріплення  $W$  при фрезеруванні

### 3.2.3 Розрахунок сили закріплення $W$

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

$$P_z \cdot k = W \cdot f_1 + W \cdot f_2 + W \cdot f_3$$

де,  $f_1, f_2$  – коефіцієнти тертя заготовки з встановлюючими та застискаючими елементами.

$$W = \frac{k \cdot P_z}{f_1 + f_2 + f_3} \quad (3.6)$$

$P_z$  - Сила різання при фрезеруванні

Коефіцієнт тертя сталі по сталі :

$$f_1 = f_2 = f_3 = 0.15$$

Приймаємо коефіцієнт запасу  $k = 1,25$  [12].

Тоді сила закріплення:

$$W = \frac{1.25 \cdot 282}{0.15 + 0.15 + 0.15} = 786 \text{ Н}$$

### 3.2.4 Розрахунок приводу пристосування

В даному випадку розрахунок приводу пристосування, полягає в визначенні діаметру пневмоциліндра.

З схеми закріплення деталі видно, що

$$Q = W \frac{L_1}{L_2}; \quad (3.7)$$

Приймаючи співвідношення плеча ричага:

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{105}{35}$$

Визначаємо необхідне зусилля на шток пневмоциліндра:

$$Q = W / 3 = \frac{786}{3} = 262 \text{ Н}$$

Зусилля на шток пневмоциліндра залежить від робочого тиску повітря і внутрішнього діаметра циліндра:

$$Q = P_n \cdot \frac{\Pi \cdot D_{\text{ц}}^2}{4} \quad (3.8)$$

де,  $P_n = 0,4$  МПа – робочий тиск повітря в пневмосистемі;

$D_{\text{ц}}$  – діаметр циліндра мм.

Підставляємо значення в формулу та обраховуємо:

$$D_{\text{ц}} = \sqrt{\frac{4Q}{P_n \cdot \Pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 262}{0,4 \cdot 3.14}} = 28,93 \text{ мм}$$

З стандартного ряду вибираємо циліндр з діаметром:  $D_{\text{ц}} = 30$  мм.

Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата

Розраховуємо фактичне зусилля на штокові за формулою:

$$Q_{\phi} = P_n \cdot \frac{\Pi \cdot D_4^2}{4} = 0,63 \frac{3,14 \cdot 30^2}{4} = 445 \text{ Н}$$

### 3.2.5 Розрахунок пристрою на точність

Похибку установки визначаємо за формулою:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{np}^2}, \quad (3.9)$$

де  $\varepsilon_{\delta}$  - похибка базування деталі,  $\varepsilon_{\delta} = 0$  (розмір отримується згідно осі призми настроєним інструментом);

$\varepsilon_3$  - похибка закріплення,  $\varepsilon_3 = 0,09$  мм (затиск прихватом) [ 3];

$\varepsilon_{np}$  - похибка пристрою:

$$\varepsilon_{np} = \sqrt{\varepsilon_{виг}^2 + \varepsilon_{зн}^2 + \varepsilon_{фікс}^2}, \quad (3.10)$$

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

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

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

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

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

Допустиму підсумкову похибку пристрою визначаємо за формулою:

$$\varepsilon_{\text{дон}} = TD - \kappa \cdot \omega, \quad (3.11)$$

де  $TD$  – поле допуску на виконуваний розмір деталі,  $TD = 0,062$  мм;

$\kappa$  – поправочний коефіцієнт,  $\kappa = 0,8$  [ 3 ];

$\omega$  – точність обробки на вибраному верстаті,  $\omega = 0,01$  мм, [ 3 ].

$$\varepsilon_{\text{дон}} = 0,062 - 0,8 \cdot 0,01 = 0,054 \text{ мм.}$$

Умова  $\varepsilon_{\text{дон}} \geq \varepsilon_y$  виконується.

Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата

### 3.2.6 Розробка технічних умов на пристрій та опис його роботи

Пристрій для фрезерування, призначений для встановлення на фрезерний верстат моделі 6Р80Ш, призначений для базування та закріплення в ньому вала.

Технічні умови:

Оброблюваний вал	ТЖ 8.034.653
Привід затискуючого механізму	пневматичний
Розвиваюча сила закріплення	1780 Н
Робочий тиск в пневмосистемі	0,4 –0.63 МПа
Фактичне зусилля на шток пневмоциліндра	445 Н
Габаритні розміри пристосування:	
Довжина	350
Висота	230
Ширина	300
Маса не більше	21кг

### 3.2.7 Робота пристрою для фрезерування

Деталь фіксується у призмах пристрою за базовими поверхнями в осьовому напрямі. При активації пневморозподільника стиснуте повітря вводиться у порожнину пневмоциліндра, зсуваючи поршень зі штоком управо. Рух передається важелю, який закріплений в корпусі пристрою на осі. Далі, корпус пневмоциліндра зсувається вліво, передаючи рух другому важелю, що затискає заготовку, готуючи її до обробки. В пристрої передбачена установочна планка, яка спрощує встановлення заготовки на вже налаштований розмір.

На нижній плиті корпусу знаходиться шпонка, що визначає орієнтацію пристрою відносно пазу столу верстата. Крім того, нижню плиту корпусу кріплять до столу за допомогою двох стандартних болтів. Після завершення фрезерування, стиснуте повітря подається у штокову порожнину пневмоциліндра, що змушує поршень рухатися вліво, а корпус пневмоциліндра вправо, розведення важелів. Оброблена деталь знімається з пристрою.

### 3.3 Проектування контрольно – вимірювального пристрою для визначення радіального биття

У сучасному машинобудівному виробництві активно використовуються контрольно-вимірювальні пристрої та інструменти для підвищення ефективності виробництва і точності вимірювань. Ці засоби дозволяють перевіряти різні параметри деталей і вузлів машин, такі як лінійні розміри (діаметри, довжини), взаємне розташування поверхонь, відхилення від правильної геометричної форми, а також нелінійні параметри, наприклад, пружність і твердість матеріалів.

Основні вимоги до конструкції контрольних пристроїв і інструментів включають оптимальну точність вимірювання та продуктивність, технологічність у виготовленні, зносостійкість і зручність в експлуатації. Конструкція повинна бути спроектована таким чином, щоб вона в повному обсязі задовольняла вимоги контрольних операцій і водночас була економічно вигідною для застосування.

Основні принципи конструювання контрольних пристроїв та інструментів полягають у забезпеченні високої точності вимірювань, відмінності в експлуатаційних умовах та економічності їх використання.

#### 3.3.1 Розробка схеми вимірювання

Згідно технічних вимог до виготовлення деталі необхідно контролювати радіальне биття двох поверхнях вісі. Схема контролю показана на рис. 3.6.

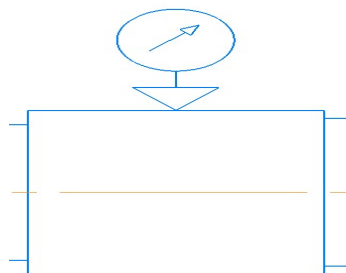


Рисунок 3.6 Схема контролю

### 3.3.2 Розрахунок пристрою на точність

Визначаємо допустиму похибку обробки:

$$\varepsilon_{\text{доп}} = 0,3 \cdot T, \quad (3.12)$$

де T-допуск на контролюємий параметр, T = 0,05 мм.

$$\varepsilon_{\text{доп}} = 0,3 \cdot 0,05 = 0,015 \text{ мм}$$

Визначаємо фактичну похибку обробки:

$$\varepsilon_{\phi} = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_{\text{пр}}^2 + \varepsilon_{\text{прил}}^2 + \varepsilon_{\text{зн}}^2}, \quad (3.13)$$

де  $\varepsilon_{\delta}$  – похибка базування деталі,  $\varepsilon_{\delta} = 0$  (технологічна база співпадає з конструкторською);

$\varepsilon_{\text{пр}}$  - похибка виготовлення пристрою,  $\varepsilon_{\text{пр}} = 0,007$  мм;

$\varepsilon_{\text{зн}}$  - похибка зношення пристрою,  $\varepsilon_{\text{зн}} = 0,01$  мм;

$\varepsilon_{\text{прил}}$  – похибка контрольно - вимірювального приладу:

$$\varepsilon_{\text{прил}} \approx \frac{Ц}{2}, \quad (3.14)$$

де Ц – ціна поділки контрольно - вимірювального приладу.

Для контролю параметрів биття і співвісність вибираємо індикатор годинникового типу ИЧ02 ДСТУ 2973-94, ціна поділки якого Ц = 0,01 мм.

$$\varepsilon_{\text{прил}} \approx \frac{0,01}{2} = 0,005 \text{ мм}$$

$$\varepsilon_{\phi} = \sqrt{0^2 + 0,007^2 + 0,005^2 + 0,01^2} = 0,013 \text{ мм}$$

Отже фактична похибка обробки не перевищує допустиму  $\varepsilon_{\phi} < \varepsilon_{\text{доп}}$ .

### 3.3.3 Опис конструкції і роботи пристрою

Деталь з центровими отворами базується на обертовому центрі пристрою. Щоб контролювати циліндричні поверхні деталі, підносимо індикатори до поверхні та налаштовуємо їх на ці поверхні (створюємо попередній натяг). Потім, обертаючи деталь на один оберт, поступово фіксуємо покази індикатора.

					ДРБ.ФІТА.ПМ.19.05.ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		60

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 4.1 Безпека роботи на ділянці при реалізації технологічного процесу

Безпечність виробничого устаткування полягає у його відповідності вимогам безпеки праці, які стосуються монтажу (демонтажу) і експлуатації, встановленим у нормативній документації.

Загальні вимоги безпеки виробничого устаткування описані у ДСТУ 12.2.003-91. Згідно з цим нормативним документом, безпечність виробничого устаткування досягається завдяки: правильному вибору принципів дії, конструктивним схемам, елементам конструкції; використанню засобів механізації, автоматизації та дистанційного керування; впровадженню в конструкції засобів захисту; відповідності ергономічним вимогам; включенню вимог безпеки у технічну документацію з монтажу, експлуатації, ремонту, транспортуванню та зберіганню устаткування; застосуванню у конструкції устаткування безпечних та безшкідливих матеріалів.

При проектуванні устаткування необхідно враховувати умови його експлуатації так, щоб усунути небезпеку від вологи, сонячної радіації, механічних коливань, високих і низьких тисків, агресивних речовин тощо.

Складові частини виробничого устаткування (приводи, трубопроводи, кабелі тощо) повинні бути виготовлені таким чином, щоб запобігти їх випадковому пошкодженню, яке може створити небезпеку. Якщо у конструкції устаткування присутні газо-, пневмо-, гідро- або паросистеми, вони мають відповідати вимогам безпеки для таких систем. Рухомі частини, які можуть становити небезпеку, мають бути огорожені або захищені, за винятком випадків, коли огороження перешкоджає їх функціональному призначенню. В цьому випадку слід передбачити спеціальні заходи чи засоби захисту.

Елементи устаткування, які можуть зіштовхуватись з людиною, не повинні мати гострих країв, кутів або нерівних, гарячих чи переохолоджених поверхонь. Виділення тепла та шкідливих речовин устаткуванням не повинно пере-

Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата

вищувати гранично допустимих рівнів в межах робочої зони. Конструкція устаткування має забезпечувати усунення або зниження до регламентованих рівнів шуму, ультразвуку, інфразвуку, вібрації та ін.

Безпечність виробничого процесу — це здатність виробничого процесу відповідати стандартам безпеки праці під час його проведення відповідно до вимог нормативної документації.

Згідно з ДСТУ 7809:2015, безпечність виробничих процесів забезпечується такими заходами, як: правильний вибір технологічних процесів та робочих операцій; належний порядок обслуговування виробничого обладнання; адекватний вибір приміщень і майданчиків; розумний підбір вихідних матеріалів і компонентів; правильне розміщення обладнання і організація робочих місць; ефективні методи зберігання і транспортування матеріалів, виробів і відходів; розподіл функцій між людиною і обладнанням для зменшення труднощів; адекватний захист працівників; включення вимог безпеки в технічну документацію.

У виробничих процесах не допускається забруднення довкілля шкідливими викидами і несприятливими речовинами, а також виникнення пожеж і вибухів. Якщо виникають небезпеки під час виконання технологічного процесу, це, зазвичай, результат помилок, допущених на етапі розробки. Тому важливо передбачати:

- виключення прямого контакту працівників зі шкідливими матеріалами і відходами;
- заміну процесів, пов'язаних з небезпечними факторами, безпечнішими альтернативами;
- використання автоматизації і комп'ютеризації;
- застосування дистанційного керування;
- впровадження колективного захисту;
- організацію робочих процесів та відпочинку для попередження

Застосування новітніх технологій та безпечних матеріалів сприяють уникненню негативних факторів у виробничому середовищі та запобігають нещасним випадкам і професійним захворюванням.

					ДРБ.ФІТА.ПМ.19.05.ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		62

## 4.2 Техніка безпеки при роботі за фрезерним верстатом

Техніка безпеки важлива для забезпечення безпечної та нешкідливої праці, не знижуючи продуктивність. Реалізація цих вимог передбачає проведення комплексу заходів, що мають на меті запобігання травмам працівників, уникнення шкідливих умов праці та їх впливів на здоров'я людини.

Небезпеку становлять внутривиробничий автомобільний транспорт, безрейковий електротранспорт, підйомні крани, ручні вагонетки та інші елементи обладнання.

Значна кількість нещасних випадків з фрезерувальниками трапляється під час транспортування, установки та зняття фрез, пристосувань та оброблюваних заготовок. Нижче наведено основні вимоги техніки безпеки з транспортування, установки та зняття фрез.



Рисунок 4.1 Фрезерний верстат з ЧПУ

Щоб забезпечити безпеку, фрези мають бути зберігані і транспортовані в спеціальних упаковках або забезпечені захисними дерев'яними кільцями. При установці фрез необхідно використовувати рукавиці. Легкі фрези масою до 3 кг встановлюють вручну, а важкі фрези необхідно встановлювати за допомогою спеціальних підйомних коштів. Знімання фрез з верстата проводиться в зворотному порядку з дотриманням всіх необхідних запобіжних заходів.

Для запобігання ураженням електричним струмом та іншим небезпечним ситуаціям важливо дотримуватися правил техніки безпеки, використовувати захисне обладнання та вживати необхідні заходи безпеки на робочому місці.

### **4.3 Техніка безпеки при роботі за токарним верстатом**

При роботі на токарних верстатах основними небезпечними та шкідливими виробничими факторами є наступні:

- Стружка і пил: Під час обробки матеріалів на токарному верстаті утворюється стружка та пил, які можуть бути небезпечними для здоров'я, особливо якщо їх вдихає працівник. Важливо застосовувати захисне обладнання, таке як маски та респіратори, для запобігання вдиханню шкідливих частинок.

- Ріжучі інструменти: Використання ріжучих інструментів на токарних верстатах може створювати небезпеку у разі неправильного використання або недотримання техніки безпеки. Професійне навчання та правильна експлуатація інструментів допомагають уникнути травм.

- Рухомі елементи верстата: Рухомі частини токарного верстата, такі як шпindel, важелі та інші деталі, можуть бути небезпечними при недбалому поведженні або неправильному використанні. Працівники повинні дотримуватися всіх інструкцій з безпеки та використовувати захисне обладнання.

- Шум: Робота на токарних верстатах може супроводжуватися великим рівнем шуму, що може негативно впливати на слух працівників. Важливо застосовувати засоби захисту від шуму, такі як навушники або спеціальні вбудовані захисні пристрої на верстатах.

Зм.	Аркус	№ докум.	Підпис	Дата



Рисунок 4.2 Стружка при роботі за токарним верстатом

Стружка на токарних верстатах насправді є дуже небезпечним фактором, особливо в залежності від матеріалу, з яким працює токар. Наприклад, зливна стружка утворюється при точінні в'язких матеріалів і може призвести до серйозних травм. Крім того, дроблена стружка може становити загрозу для здоров'я через її розлітання на великі відстані та температури, які можуть спричинити опіки. Тому важливо дотримуватися всіх правил безпеки та використовувати захисне обладнання для запобігання таким нещасним випадкам.

Для кріплення на токарних верстатах часто використовують кулачкові патрони, але важливо пам'ятати про безпеку. Знімати задирки поблизу патрона напильником небезпечно. Захисне огороження патрона має бути блоковане, так що поки воно відкрите, верстат не може бути увімкнений.

При закріпленні заготовок у кулачковому патроні треба уникати помилки, коли ключ залишають у патроні. Щоб запобігти цьому, використовують ключ, який автоматично виштовхується з гнізда патрона при натисканні на нього і повертається в нормальне положення при знятті натиску.

Найбезпечнішим варіантом є самозатискний кулачковий патрон. Він автоматично затискає деталь при збільшенні зусилля різання, що дозволяє уникнути випадкового випадання деталі під час обробки.

Для кріплення довгих і тонких деталей використовується втулка-люнет, через яку прокладається пруток. Ця втулка рухається разом з різцетримачем, що дозволяє уникнути деформації деталі під час різання.

Для безпечної роботи на токарних верстатах важливо дотримуватися деяких умов, особливо відносно центрів і центрових отворів. Центрові отвори мають бути в хорошому стані і змащені, а центри повинні відповідати умовам роботи. При роботі на високих швидкостях необхідно використовувати обертальні центри, при цьому задня бабка має бути надійно закріплена.

Для обробки тонких важких деталей і забезпечення високої точності використовують нерухомі люнети. Важливо також слідкувати за тим, щоб задній центр не був затягнутий занадто сильно, щоб уникнути вібрацій.



Рисунок 4.3 Люнет

обертання і створення шуму. З метою усунення шуму використовують шумоізоляцію на трубах.

## ВИСНОВОК

Під час написання дипломного проекту мною був розроблений технологічний процес виготовлення деталі «Болт», де я детально розібрав створення деталі, починаючи від типу отримання заготовки до кінцевої операції шліфування. Також я порахував всі необхідні режими різання для обробки цієї деталі.

В конструкторському розділі я розробив 2 основних пристрої. Перший – це верстатний пристрій, в якому встановлюється наша деталі та відбувається процес свердління отвору. Інший пристрій – затискний пристрій, де наша деталь намертво закріплюється у вертикальному положенні та на її поверхні фрезеруються лиски.

Мною також були розглянуті питання з техніки безпеки при налагоджувальних роботах на даному обладнанні.

					ДРБ.ФІТА.ПМ.19.05.ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		67

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Горбатюк Є.О., Мазур М.П., Зенкін А.С., Каразей В.Д. Технологія машинобудування: Навчальний посібник - Львів: «Новий світ – 2000»
2. Мазур М.П. и др. Приводи технологічного устаткування металообробних виробництв. Навчальний посібник. Кн.2 – Хмельницький, 2001 – 250с. ;
3. Мельничук П.П., Боровик А.І., Лінчевський П.А., Петраков Ю.В. Технологія машинобудування: Підручник.
4. Паспорт верстата HAAS ST-30
5. <http://bcpl.pto.org.ua/index.php/dopomoga/itemlist/category/306-10-frezerni-verstati> ;
6. <http://pereosnastka.ru/articles/tekhnika-bezopasnosti-pri-rabote-na-frezernom-stande> ;
7. <https://cncmodelist.ru/stati/21-nastroika-mach3.html> ;
8. <https://electroprivod.ru/program/mach3/mach3.pdf> ;
9. [https://stud.com.ua/36360/tovarovnavstvo/frezerni\\_verstati](https://stud.com.ua/36360/tovarovnavstvo/frezerni_verstati) ;
10. <https://studfile.net/preview/4294333/page:4/> ;
11. <https://xn--11ab8a.xn--j1amh/info/neispravnosti-nasosov-nmsh/> ;