

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет інженерії, транспорту та архітектури  
Кафедра технології машинобудування

**ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ**

Технологія виготовлення деталі "Фланець КМ.3928.00"  
Назва теми

з використанням верстатів з ЧПК

Рівень вищої освіти перший (бакалавр)

Галузь знань 13 механічна інженерія  
Шифр і назва галузі знань

Спеціальність 131 прикладна механіка  
Шифр і назва спеціальності  
Назва

Освітня програма «технології машинобудування»  
Назва

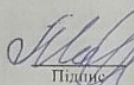
Шифр ДП.ПМ.ФІТА.25.01.ПЗ

Виконав 4 студент курсу група ПМТ-21-1  
Шифр

  
Підпис

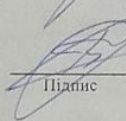
Тетяна БЕРИНДА  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

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

  
Підпис

Микола МАЗУР  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

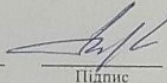
Нормоконтролер канд. техн. наук, доцент

  
Підпис

Сергій БИСЬ  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:

Завідувач кафедри технології машинобудування  
Назва

  
Підпис

Віталій ТКАЧУК  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Дата «17» червня 2025

Дата «18» червня 2025

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури

Кафедра технології машинобудування

Рівень вищої освіти перший (бакалавр)

Галузь знань 13 механічна інженерія

Шифр і назва

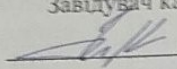
Спеціальність 131 прикладна механіка

Шифр і назва

Освітня програма «технології машинобудування»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТМ

 Віталій ТКАЧУК

7.02 2025

ЗАВДАННЯ  
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ

Беринді Тетяні Андріївні

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1 Тема дипломної роботи Технологія виготовлення деталі "Фланець КМ.3928.00" з використанням верстатів з ЧПК

керівник роботи Мазур Микола Петрович, д.т.н., професор

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, учене звання

Затверджено наказом ректора університету від 15 лютого 2025 р. № 18

2 Строк подання студентом роботи на кафедру 10 червня 2025

3 Вихідні дані до проєкту (роботи) кресленик деталі "Фланець КМ.3928.00" та технічні вимоги до її виготовлення, обсяг випуску 10 тис.

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

Вступ

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

5 Перелік графічного матеріалу: кресленик деталі із 3D моделлю (1 лист А4); створення деталі в SolidWorks CAM (1 лист А1); кресленик РТК (1 лист А2); кресленик верстатного пристрою (1 лист А1); специфікація верстатного пристрою (1 лист А4); кресленик спеціального інструменту (1 лист А1); кресленик контрольного калібру (1 лист А4)

6 Консультанти розділів дипломного проєкту (роботи)

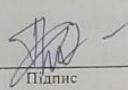
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7 Дата видачі завдання 6.03.2025

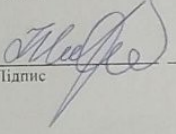
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів (розділів) дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1 Загальний розділ	20.03.2025	
2 Технологічний розділ	20.04.2025	
3 Конструкторський розділ	20.05.2025	
4 Охорона праці	05.06.2025	

Студент

  
Підпис Тетяна БЕРИНДА  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник проєкту (роботи)

  
Підпис Микола МАЗУР  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

**РЕЦЕНЗІЯ**

на дипломну роботу студента Беринди Т.А.  
Тема проекту: Технологія виготовлення деталі "Фланець КМ.3928.00" з  
використанням верстатів з ЧПК

Тема дипломної роботи, та її зміст відповідають обраній спеціальності.  
Дипломна робота має необхідні розділи згідно завдання.

У дипломній роботі студент проаналізував конструкцію деталі фланець, та існуючі технології її виготовлення. Особливу увагу приділено обґрунтуванню доцільності використання верстатів ЧПК для підвищення ефективності та точності виробництва.

У рамках роботи було обрано матеріал для виготовлення деталі. Проведено детальний аналіз технологічних процесів обробки та обґрунтування вибору конкретного обладнання й інструментів.

В подальшому був розроблений маршрутний і технологічний процес механічного оброблення фланця з використанням сучасного м/р устаткування з ЧПК. Згідно виданого завдання розраховані припуски на обробку, визначені режими різання, норми штучного часу. Всі прийняті рішення технологічного розділу підкріплені відповідними розрахунками і виконані на високому рівні.

Всі рішення підкріплені розрахунками і заслуговують позитивної оцінки.

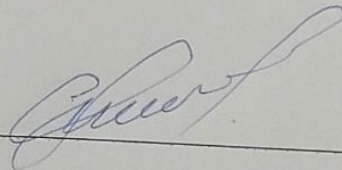
Графічна частина виконана у відповідності з вимогами ЕСКД та ДСТУ, розділи розрахунково-пояснювальної записки оформлені з виконанням основних вимог ЕСТД та ДСТУ на високому рівні.

Все це свідчить про достатній рівень дипломника як сформованого молодого спеціаліста.

Недоліків в дипломній роботі не виявлено.

Дипломна робота, виконана згідно завдання, у повному обсязі та на достатньому технічному рівні і заслуговує оцінки «відмінно».

Рецензент: к.т.н., доц.,



С.Ф.Посонський

«17» «06» 2025 р.

Завідувачу кафедри

Технічної механіки

Ткачуку В.П.

здобувача вищої освіти (студента)

ПІБ, факультет, «курс», «група»

Сверинген Т.А., Ф-ПА, ТМТ-21

### ЗАЯВА

З правилами чинного Положення про систему забезпечення академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті, згідно з яким виявлення академічного плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту і застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений (а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на академічний плагіат оповіщений (а) та надаю свою згоду на обробку й збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

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

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

10.06.2025

дата



підпис

# ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

## ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ

Направляється студент Беринда Тетяна Андрівна на захист дипломного проєкту (роботи)

за спеціальністю 131 - Прикладна механіка

На тему: Технологія виготовлення деталі "Фланець KM.3925.00" з використанням верстатів з ЧПК

Дипломний проєкт (робота), рішення і довідка про перевірку на плагиат додаються

Декан факультету

ОЛЕГ ПОЛІЩУК

### ДОВІДКА УСПІШНОСТІ

Беринда Т. А. за період навчання на факультеті інженерії, транспорту та архітектури з 2021 по 2025 роки повністю виконав навчальний план спеціальності з таким розподілом оцінок за національною шкалою: відмінно 57,14 %, добре 42,86 %, задовільно 0,00 %, шкалою ЕКТС: А 60,38 %, В 26,30 %, С 11,32 %, D 0,00 %, E 0,00 %.

Методист факультету

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

Студент Беринда Тетяна Андрівна ретельно вивчила всі питання, пов'язані з темою дипломного проєкту (роботи). Вона розробила технологію виготовлення деталі "Фланець KM.3925.00" з використанням верстатів з ЧПК, що характеризує її як висококваліфікованого фахівця.

Оцінка дипломного проєкту (роботи)

Керівник дипломного проєкту

2025 р.

### ВИСНОВОК КАФЕДРИ ПРО ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ)

Дипломний проєкт (робота) розглянуто. Студент Беринда Т. А. допускається до захисту цього проєкту (роботи) в екзаменаційній комісії.

Завідувач кафедри

Володимир Ткачук

2025 р.



## ЗМІСТ

ВСТУП .....	2
1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ.....	4
1.1 Завдання.....	4
1.2 Опис конструкції, технічних умов та службового призначення деталі....	4
1.3 Аналіз конструкції деталі на технологічність.....	7
1.4 Вибір типу виробництва і форми організації робіт.....	8
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	13
2.1 Вибір виду і способу отримання заготовки.....	13
2.1.1 Проектування технологічного маршруту оброблення деталі.....	17
2.1.2 Вибір технологічних баз;.....	21
2.1.3 Вибір технологічного обладнання.....	23
2.1.4 Вибір металорізального інструменту та режимів різання.....	26
2.2 Розрахунок припусків і технологічних розмірів.....	38
2.3 Технічне нормування операцій.....	41
2.4. Розроблення керуючої програми для верстата з ЧПК.....	
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	
3.1 Проектування робочого пристосування або вибір із каталогів провідних виробників та аналіз на міцність і жорсткість.....	
3.2 Проектування спеціального ріжучого інструменту.....	
3.3 Проектування контрольного інструменту калібр скоба .....	
4 ОХОРОНА ПРАЦІ (Безпека роботи на дільниці при реалізації технологічного процесу).....	
4.1 Загальні вимоги безпеки до експлуатації токарних верстатів.....	
4.2 Загальні вимоги безпеки під час роботи на токарних верстатах.....	
4.3 Пожежна безпека на машинобудівній дільниці.....	
4.4 Заходи пожежної безпеки.....	
ВИСНОВКИ.....	
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....	
Додаток А. Технологічна документація	
Додаток Б. Специфікації робочого пристосування і контрольного інструменту	

					ДП.ПМ.ФІТА.25.01.ПЗ			
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата				
Розробив	Беринда				Технологія виготовлення деталі "Фланець КМ.3928.00" з використанням верстатів з ЧПК	Лім.	Арк.	Аркушів
Перевірів	Мазур					Н	5	1
Н.контр.	Бись С.С.				гр.ПМТ-21-1 ХНУ			
Затверд.	Ткачук							

## Вступ

Досягнення сучасного виробництва пов'язані з діджиталізацією інженерії, використанням новітніх технологій, втілених у високопродуктивних верстатах з ЧПК, для підвищення ефективності виробництва.

Ефективність використання металообробного обладнання з ЧПУ доведена досвідом розвинених країн, а перевага такого обладнання полягає в тому, що воно дозволяє виробникам зосередитися на своїй роботі, завдяки великій кількості технічних можливостей, закладених в ці верстати. В останні роки українські машинобудівні підприємства почали активно використовувати металообробне обладнання з ЧПК, але таке обладнання ефективне тільки в тому випадку, якщо верстат витрачає максимальну кількість часу на різання і мінімальний відсоток допоміжного часу.

На українських машинобудівних заводах технологічний цикл обробки деталей втілюється за допомогою САМ-систем – спеціалізованого програмного забезпечення для інженерів та технологів – програмістів.

САМ-системи надають інструменти, які автоматизують роботу технічного персоналу і дозволяють конструкторам розробляти процедури управління на основі графічної інформації, включеної в електрогеометричну модель деталі. САМ-системи також включають в себе численні методи обробки геометричних компонентів деталі. Відштовхуючись від обраних режимів різання, вони дають змогу оптимально використовувати продуктивність станка, скорочуючи витрати часу та забезпечуючи при цьому необхідні характеристики якості поверхні, точності розмірів і геометричної конфігурації.

Інструментарій у САМ-системі дає змогу вибирати різальний інструмент або сконструювати нові, спеціальні інструменти, беручи до уваги зміни геометрії деталі після етапів обробки. Також можна візуалізувати процес обробки, за допомогою твердотільної верифікації, яка показує не лише траєкторію різального інструменту, але й процес зняття стружки, порівнює результати обробки з геометрією моделі деталі, та автоматично генерує траєкторії інструментів і допоміжні рухи. Окрім цього, у текстовій частині САМ-системи відображається

					ДП.ПМ.ФІТА.25.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

технологічний процес спроектований для обробки деталі та міститься детальна інформація про робочі переходи.

Такий спосіб організації розробки процесів зменшує кількість технологічної та конструкторської документації, що в кінцевому підсумку, зумовлює збільшення продуктивності виробництва.

Такий метод розробки технологічних процесів механічної обробки заготовок став фундаментом для нової форми взаємодії на машинобудівних підприємствах – електронного документообігу між конструкторами, технологами, операторами верстатів з ЧПК і відділом закупівель. Витоком такого інформаційного потоку є геометрична модель деталі.

Впровадження систем моніторингу високоточних верстатів з використанням датчиків, що зчитують основні вузли верстатів з ЧПК, є важливим фактором підвищення ефективності. Таким чином можна отримати інформацію про причини зниження продуктивності верстата і своєчасно вжити необхідні заходи для усунення виявлених проблем.

В рамках цієї роботи розробляється сучасний технологічний процес обробки деталі «фланець», який є більш ефективним за рахунок підвищення продуктивності праці, заміни універсального обладнання, зменшенню часу на підготовку виробництва та технологічного оснащення, зниженню відсотку браку, збільшенню точності обробки, а також, зменшенню операцій маркування і налагодження.

Висока результативність використання верстатів з ЧПК може бути досягнута за умов комплексного підходу до їх експлуатації, таких як:

- автоматизації обчислення та внесення керуючих програм
- технологічну підготовку різального, вимірювального та кріпильного інструменту, а також оснащення.
- організацію обслуговування та поточного ремонту верстатів

Чим вища точність, складніші умови обробки, багаторазова обробка різних інструментів і деталей на одному верстаті, тим ефективніше використання верстатів з ЧПК.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.01.ПЗ	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

## 1.1 Завдання

У деталі «Фланець» з усіма технічними умовами, річна програма випуску виробів, робочий кресленик заготовки. Тип виробництва – середньо-серійний.

Для розробки технологічного процесу потрібні відомості, наявні у довідниках та нормативах машинобудування.

За вихідні дані при розробці технологічного процесу приймаємо:

- складальне креслення виробу;
- технічні вимоги на складання, приймання та випробування виробу;
- специфікацію виробу;
- річна програма випуску N=10000 шт.

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

Фланець є важливою деталлю в машинобудуванні, яка призначена для герметичного та надійного з'єднання вузлів, трубопроводів, валів та корпусних елементів. В основному фланці використовуються в насосній системі та функціонує там як механічний інтерфейс, який забезпечує надійне, точне і часто роз'ємне з'єднання між насосом і пов'язаними з ним компонентами. Основними функціями деталі є:

1. Механічне з'єднання (Фланець прикручується болтами або гвинтами до відповідної сполучної поверхні, утворюючи жорстке механічне з'єднання. Це гарантує, що корпус насоса або корпус надійно утримується на місці і запобігає перекосу.)
2. Перекачування рідини (У відцентрових або поршневих насосах фланці розташовані на всмоктувальному та нагнітальному патрубках. Вони дозволяють рідині надходити в корпус насоса і виходити з нього через

					ДП.ПМ.ФІТА.25.01.ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

під'єднані трубопроводи. Внутрішній отвір фланця збігається з внутрішнім каналом потоку для забезпечення мінімальних гідравлічних втрат.)

3. Ущільнення та запобігання витокам (На поверхні фланця часто використовується прокладка або ущільнювальне кільце, яке стискається під час затягування. Це створює герметичне ущільнення навіть при високому робочому тиску, запобігаючи витокам.)
4. Поглинання вібрації та розподіл навантаження (Фланцеві з'єднання допомагають поглинати механічні навантаження та вібрацію, що виникають під час роботи насоса. Розташування болтів рівномірно розподіляє навантаження, зменшуючи деформацію і знос як насоса, так і труби.)
5. Обслуговування (Фланці дозволяють швидко розбирати насос для огляду, ремонту або заміни. Це особливо важливо в промислових умовах, де обслуговування насосів відбувається часто.)

Деталь «Фланець» виготовляється з конструкційної вуглецевої сталі марки 20 ДСТУ 7809.

Сталь 20 вважається одною із найпоширеніших в машинобудуванні. З неї виготовляють різні зварні конструкції, шпинделі, циліндричні та черв'ячні вали, муфти та фрикційні диски, фланці, трійники для загальнопромислових механізмів, хомути тощо.

У таблиці 1.1 представлено хімічний склад , а також механічні властивості сталі 20.

На рисунку 1.1 зображено 3D модель деталі «Фланець» , яка була створена у середовищі SolidWorks.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

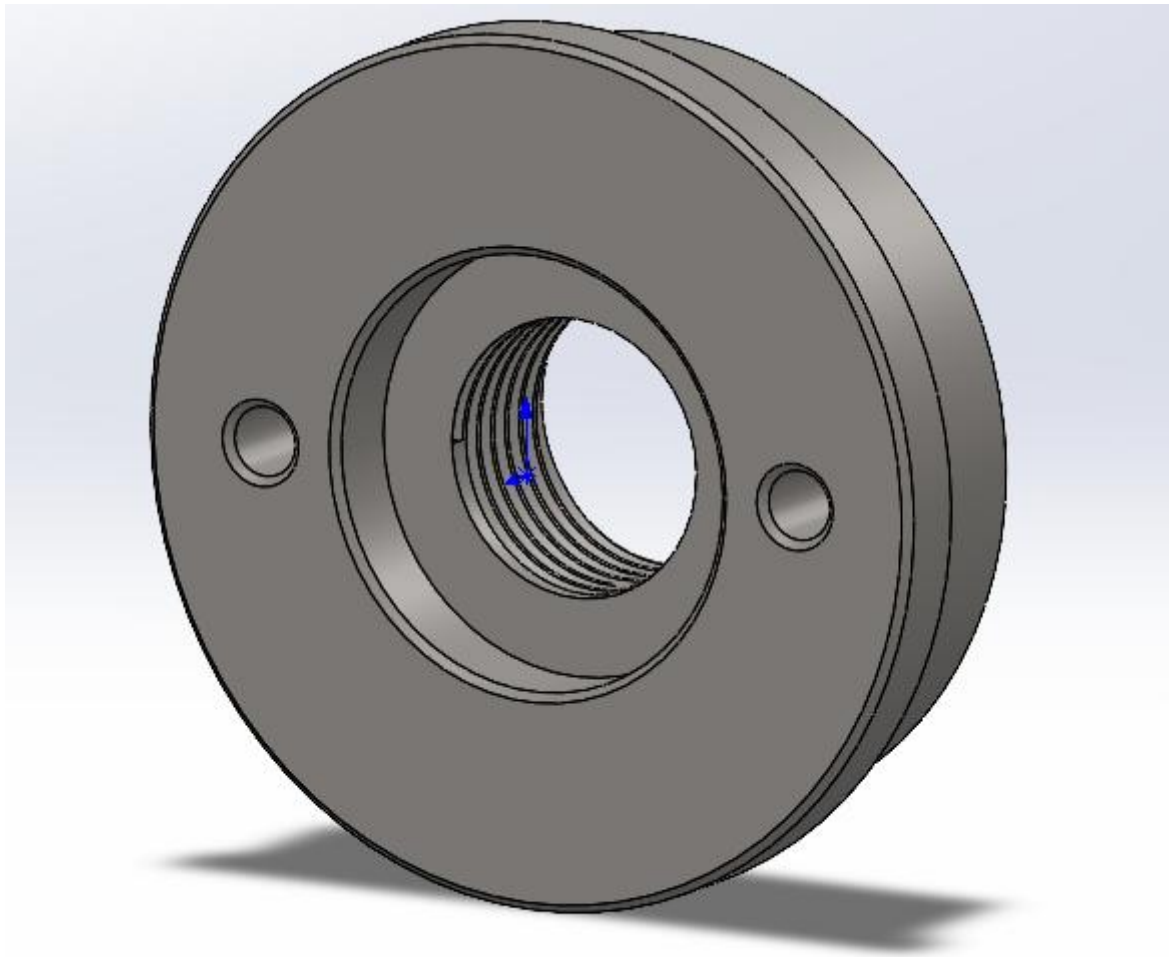


Рисунок 1.1 — 3D модель деталі «Фланець»

Таблиця 1.1

Хімічний склад і механічні властивості сталі 20 за ДСТУ 7809.

вуглець %	хром до %	марганець до %	нікель до %	сірка до %	$\sigma_m$ МПа	$\sigma_e$ МПа	$\delta_5$ %
0,17...0,24	0,25	0,35...0,65	0,30	0,04	245	410	25

Технологічні властивості сталі 20:

- Являється не чутливий до утворення флокенів (внутрішніх тріщин або дефектів сталі) та має відмінну релаксаційну стійкість.
- Відмінно зварюється контактним зварюванням, під флюсом, за допомогою ручного та напівавтоматичного та аргонного зварювання
- Відмінно піддається механічній обробці та ковальсько-пресовим операціям.

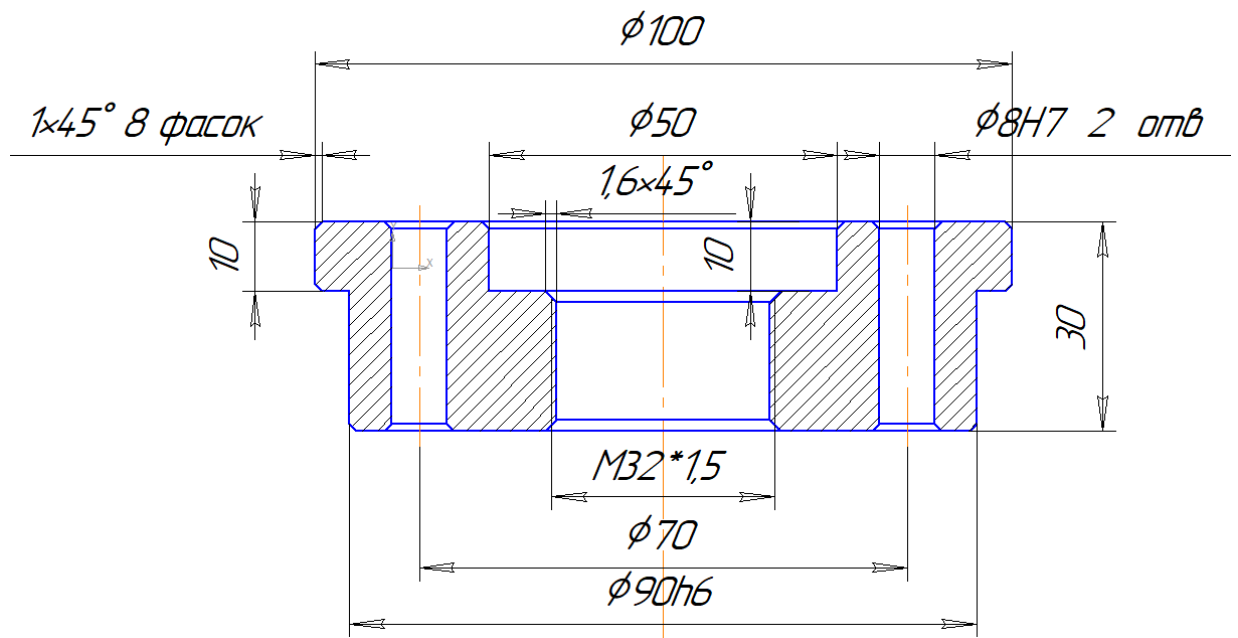
					ДП.ПМ.ФІТА.25.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

- Не схильна до відпускної крихкості

Матеріал для деталі «Фланець» є конструкційна вуглецева сталь 20. Вона відмінно обробляється різанням, відповідає призначенню деталі, через свої механічні властивості.

### 1.3 Аналіз конструкції деталі на технологічність

Деталь «Фланець» є важливим компонентом механічних вузлів, призначених для з'єднання деталей за допомогою болтового з'єднання або зварювання. Техніко-економічний аналіз конструкції є основою для забезпечення ефективного виробничого процесу на сучасних верстатах з ЧПК.



Форма фланця є обертально-симетричною відносно своєї осі, що спрощує його базування та механічну обробку. Розташування ключових оброблюваних поверхонь, таких як торець, зовнішній діаметр та кріпильні отвори, розташовані таким чином, що виконано з мінімальною кількістю переналагоджень у верстаті.

Конструкція деталі передбачає :

- Зручні базові поверхні  $\varnothing 90h7$  та  $\varnothing 100$  для встановлення та закріплення деталі під час обробки, що полегшує процес.

				ДП.ПМ.ФІТА.25.01.ПЗ		Арк. 7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Прості контури без надлишкових складних форм, що є перевагою для ефективного САМ-програмування.
- Відповідні фаски, які сприяють підвищенню стійкості різального інструменту, покращуючи якість обробки.
- При створенні отворів не вимагає спеціального технологічного оснащення .

Враховуючи перелічене, деталь відповідає основним критеріям технологічності:

- Мінімізує необхідність в складній оснастці.
- Надає можливість груповій обробці на верстатах ЧПК.
- Забезпечує високу точність і повторюваність виготовлення.

Судячи із даних які наведені вище, конструкція деталі фланець вважається технологічною, що сприяє ефективному виробничому процесу з використанням сучасних верстатів з числовим програмним забезпеченням.

#### 1.4 Вибір типу виробництва і форми організації робіт

Правильний вибір типу виробництва відіграє важливу роль для ефективної та економічної організації виробничого процесу. Це безпосередньо впливає на планування операцій, вибір обладнання, інструментів та ступінь автоматизації виробництва.

На виробництві в залежності від програми та об'єму випуску їх поділяють на три основні організаційні типи:

- одиничне виробництво
- серійне виробництво
- масове виробництво

Одиничне виробництво являє собою спосіб організації виробничого процесу, що характеризується випуском продукції з надзвичайно широкою та різноманітною номенклатурою малих обсягів. Така продукція може бути як

					ДП.ПМ.ФІТА.25.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

унікальною, так і повторюваною проте з непередбачуваними часовими проміжками між випусками. Через непостійність замовлень та відсутність тривалих серій, застосування стандартизованих технологій та конструкторських рішень є обмеженим. Для одиничного виробництва типовим є використання універсального обладнання та оснащення, яке потребує частого переналаштування, оскільки робочі операції не закріплюються за конкретними робочими місцями. Значна частка ручної праці призводить до збільшення тривалості технологічного циклу. Замість розробки детальних технологічних процесів, визначається лише загальний технологічний маршрут, що зумовлює необхідність залучення висококваліфікованих робітників здатних самостійно приймати рішення. Використання автоматичних верстатів та спеціалізованого обладнання в таких умовах є економічно недоцільним. Як наслідок, підприємства одиничного виробництва відзначаються низькою продуктивністю праці та високою собівартістю продукції. На підприємствах з одиничним типом виробництва організація часто будується на основі технологічної спеціалізації цехів та дільниць, де виготовлення конкретних видів продукції не закріплені за певними підрозділами, а обладнання групується за його функціональним призначенням. Планування та управління операціями переважно являється децентралізованим, а виробничі цикли – довгими, що призводить до накопичення значної кількості незавершеної продукції.

Таким чином, одиничне виробництво відіграє ключову роль у створенні унікальних та складних виробів, проте його ефективне функціонування вимагає високої гнучкості, висококваліфікованих працівників та ретельного контролю витрат.

Серійне виробництво – це тип виробництва, що характеризується обмеженим асортиментом виробів, яка випускається періодично повторюваними партіями (серіями) протягом певного часу. Основними рисами організації серійного виробництва є відносна стабільність номенклатури виробів, що виготовляються значними партіями, та закріплення за робочими місцями

					ДП.ПМ.ФІТА.25.01.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

спеціалізації на виконанні кількох закріплених стабільних операцій. Обробка деталей відбувається партіями, а цехи, дільниці та робочі місця оснащуються універсальними та спеціалізованим обладнанням для певних технологічних процесів. Порівняно з одиничним виробництвом, тут відносно невелика тривалість виробничого циклу та переважають робітники середньої кваліфікації. У серійному виробництві можлива централізація оперативно-виробничого планування та управління виробництвом, а також автоматизація контролю якості виробу. Однією з особливостей є здатність до спільного проектування та виготовлення схожих деталей і виробів, а також впровадження стандартних технологічних операцій та засобів виробництва. Матеріали надходять на робочі ділянки порціями з певною регулярністю, а їхнє просування по цеху є комбінованим (паралельно-послідовним). У виробничому процесі спостерігається високий рівень механізації, що зменшує потребу в ручній праці. За розміром партії деталей чи серії виробів виробництво поділяють на дрібносерійне, середньосерійне та крупносерійне. Дрібносерійне виробництво відрізняється широкою номенклатурою, невеликими розмірами серій та їх рідкісним повторенням. Крупносерійне виробництво, навпаки, характеризується майже безперервним випуском продукції великими серіями, що наближається до масового виробництва. Продуктивність праці в серійному виробництві нижча, а собівартість продукції вища, ніж у масовому, що зумовлено потребою в переналагодженні обладнання та меншою спеціалізацією робочих місць. Однак, порівняно з одиничним виробництвом, серійне є вигіднішим завдяки спеціалізації праці та залученню робітників середньої кваліфікації.

Масове виробництво – це тип виробництва, що характеризується стабільним випуском значних обсягів однотипних виробів або дуже вузької номенклатури впродовж тривалого періоду часу, а також відрізняється безперервністю процесу. Його ключовими особливостями є вузька спеціалізація робочих місць, де кожен працівник виконує одну-дві операції, які повторюються, без потреби в заміні оснащення та переналагодженні обладнання. Технологічний процес ретельно

					ДП.ПМ.ФІТА.25.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

відпрацьовується та супроводжується детальними інструкціями. Організація масового виробництва відзначається вдосконаленою структурою, часто з використанням поточкових ліній, де спеціалізоване обладнання розміщується відповідно до послідовності технологічних операцій, а транспортування здійснюється конвеєрами. Це забезпечує короткий проміжок часу між випуском окремих виробів, високу продуктивність праці навіть при невисокій кваліфікації робітників та зниження собівартості продукції. Масове виробництво сприяє глибокій спеціалізації, швидкому зростанню продуктивності праці, інтенсивному використанню обладнання без необхідності його переналагодження та забезпечує чіткий ритм роботи. Характерними рисами організації масового виробництва є значний обсяг випуску виробів суворо визначеної номенклатури, розташування робочих місць за технологічною послідовністю, велика частка спеціального та спеціалізованого обладнання, високий відсоток механізованих та автоматизованих процесів, значна кількість робітників низької кваліфікації, високий рівень стандартизації та уніфікації, мінімальна тривалість виробничого циклу, можливість впровадження автоматизованих систем управління та централізоване управління й планування. Масове виробництво є найвищою формою спеціалізації, що дозволяє підприємству зосереджуватись на випуску одного або кількох типових однакових виробів.

Для попереднього проектування варто звернутися до аналогових способів визначення типу виробництва. Для цього потрібно встановити масу деталі та щорічний обсяг випуску.

Масу деталі визначаємо за допомогою програмної функції SolidWorks. Для цього конструємо тривимірну модель деталі "Фланець" і додаємо відповідний матеріал. Маса деталі 1,3 кг. Програма випуску 10000 шт.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Залежність типу виробництва від обсягу випуску і маси деталі [1]:

Маса деталі, кг	Тип виробництва				
	одичне	мало-серійне	середньо-серійне	великосерійне	масове
до 1,0	до 10	10...2000	2000...75000	75000...200000	>200000
>1,0...2,5	до 10	10...1000	1000...50000	50000...100000	>100000
>2,5...5,0	до 10	10...500	500...35000	35000...75000	>75000
>5,0...10,0	до 10	10...300	300...25000	25000...50000	>50000
>10,0	до 10	10...200	200...10000	10000...25000	>25000

Отже, ми визначили що в даному проекті тип виробництва є середньосерійним. Для обробки даної деталі будемо використовувати верстат з ЧПК, спеціальні та стандартні інструменти.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

## 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 2.1 Вибір заготовки і обґрунтування методів її отримання

На вибір методу виготовлення заготовки впливають ключові аспекти: матеріал, з якого буде зроблено деталь, її кінцева функція та технічні вимоги до процесу. Також важливу роль відіграють обсяг запланованого випуску, його серійність, особливості форми поверхні та габарити деталі.

Приймаємо матеріал заготовки сталь 20, основні характеристики якої приведені в таблиці 1.1.

Найкращий спосіб отримання заготовки обирається після комплексного дослідження усіх згаданих вище аспектів та техніко-економічного аналізу виробничої собівартості виробу.

Метод отримання заготовки, що гарантує технологічність виготовлення з неї деталі за мінімальною вартістю, вважається оптимальним та визначається на основі техніко – економічного обґрунтування виробничої собівартості заготовки.

Проведемо порівняльний розрахунок двох методів отримання заготовки:

- 1) виготовлення заготовки з прокату;
- 2) виготовлення заготовки методом поковки.

1) Якщо деталь виготовляється з прокату рисунок 2.1, то витрати на виготовлення заготовки знаходять по її масі рисунок 2.2 і масі видаленої стружки, які визначаємо за формулою 1.11.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

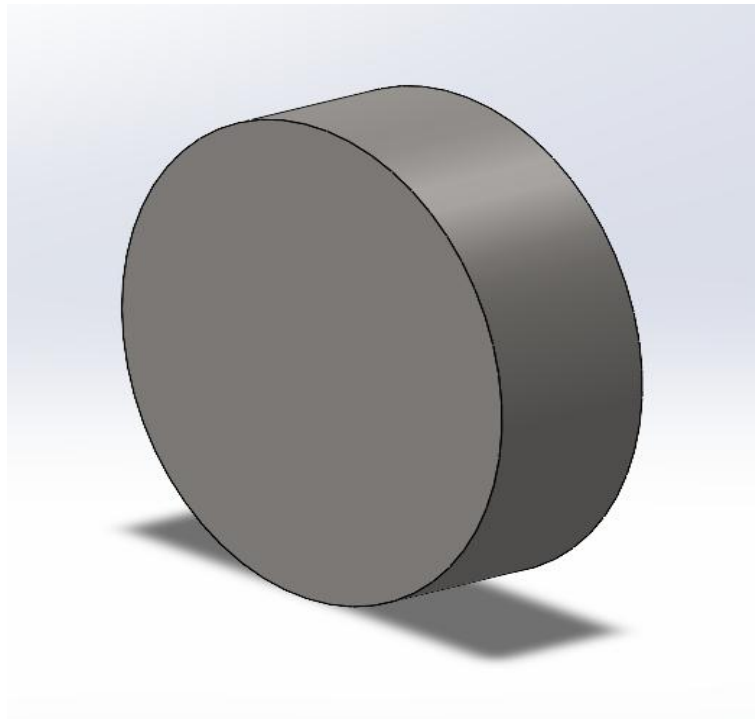


Рисунок 2.1 – Заготовка прокат

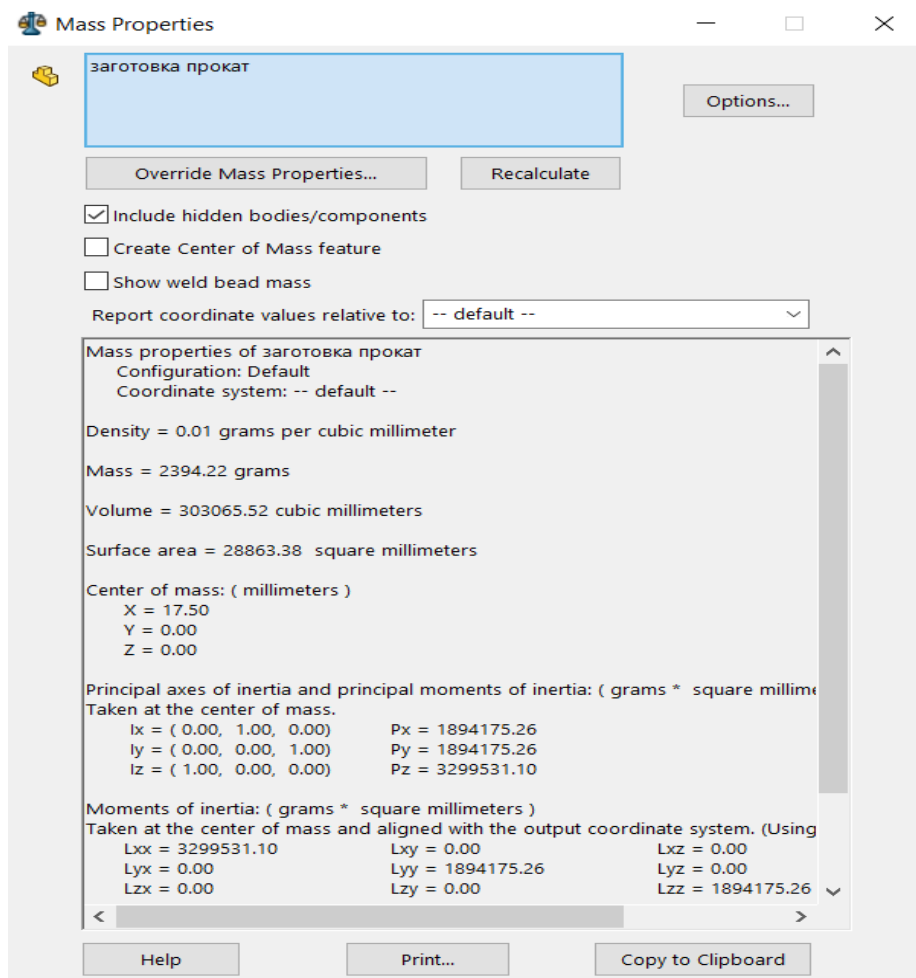


Рисунок 2.2 – Масові характеристики прокату

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.ПМ.ФІТА.25.01.ПЗ

Арк.

14

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

де  $Q$  – маса заготовки  $Q = 2,4$  кг ;

$S$  – базова вартість 1 кг. матеріалу,  $S = 42.50$  грн;

$q$  – маса готової деталі.;  $q = 1,3$  кг;

$S_{\text{відх}}$  – вартість 1 т відходів,  $S_{\text{від}} = 4400$  грн ,

$$M = 2,4 \cdot 42,5 - (2,4 - 1,3) \frac{4400}{1000} = 97,16 \text{ грн}$$

Розрізка заготовок поштучно

$$C_{\text{о.з.}} = \frac{C_{\text{н.з.}} \cdot T_{\text{ум}}}{60 \cdot 100} \quad (2.2)$$

де  $C_{\text{нз}}$  – приведені затрати на заготівельні операції грн/год,

$T_{\text{ум}}$  – штучний час виконання заготівельної операції,

$$C_{\text{о.з.}} = \frac{800 \cdot 4}{60 \cdot 100} = 0,5 \quad (2.3)$$

Вартість заготовки з прокату

$$S_{\text{заг1}} = 97,16 + 0,5 = 97,66 \text{ грн.}$$

2) Виготовлення заготовки методом поковки

Вартість заготовки поковки по моделям рисунок 2.3, 2.4 визначається за формулою (1.13)

					ДП.ПМ.ФІТА.25.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

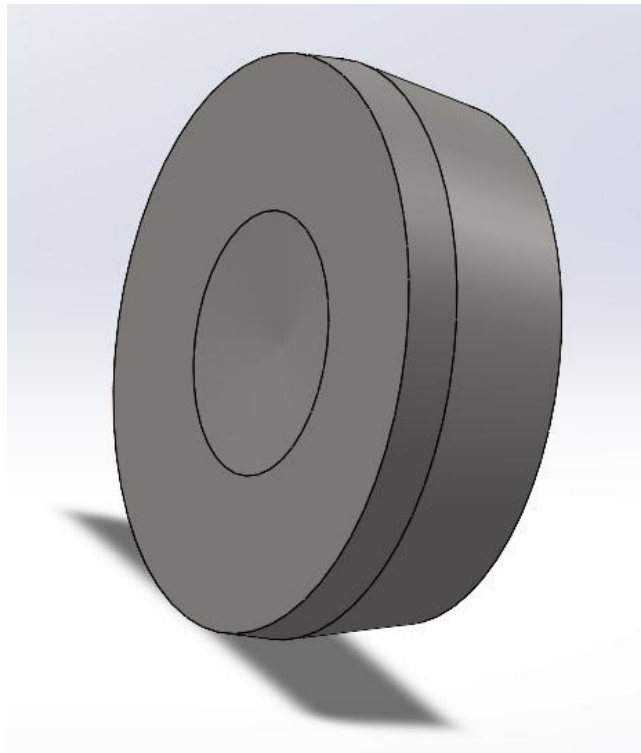


Рисунок. 2.3 – Поковка

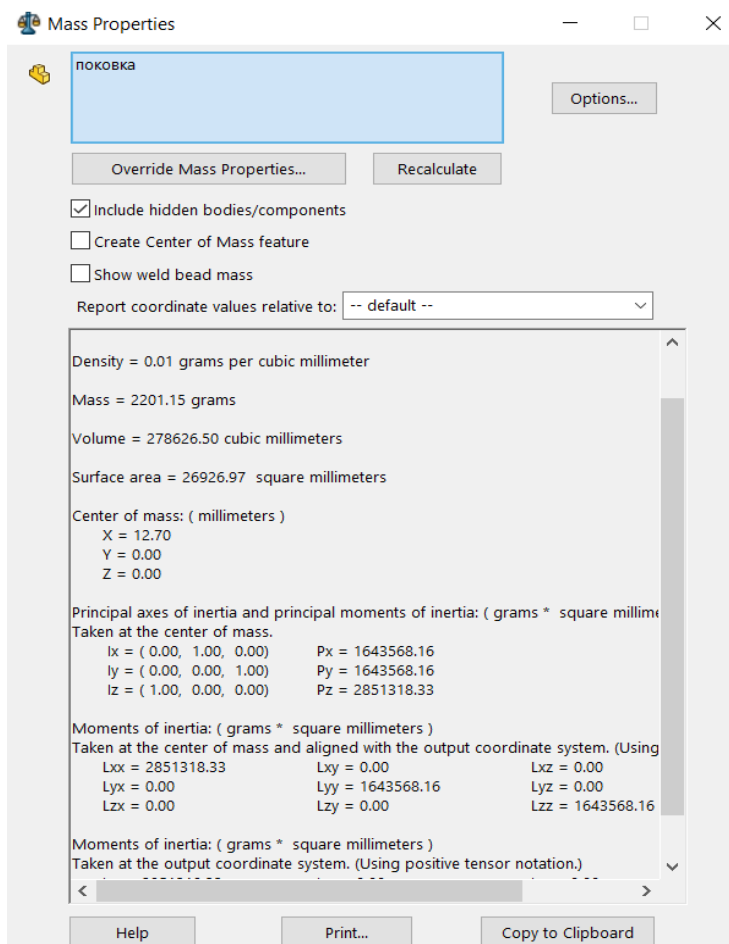


Рисунок. 2.4 – Масові характеристики поковки

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.ПМ.ФІТА.25.01.ПЗ

Арк.

16

$$S_{\text{заг1}} = (C_i / 1000 \cdot Q K_m K_c \cdot K_s \cdot K_M \cdot K_n) - (Q - q) \cdot \frac{S_{\text{відх}}}{1000}, \quad (2.4)$$

де  $C_i$  – базова вартість 1 т заготовок.  $C_i = 26000$  грн

$S_{\text{відх}}$  – вартість 1 т відходів,  $S_{\text{відх}} = 4400$  грн;

$Q$  – маса заготовки,  $Q = 2,2$  кг;

$q$  – маса готової деталі,  $q = 1,3$  кг

$k_m$  – коефіцієнт класу точності,  $k_m = 1,31$  [2, ст 283, табл.А.27];

$k_c$  – коефіцієнт групи складності  $k_c = 1,44$  [2, ст 283, табл.А.31];

$k_B$  – коефіцієнт маси  $k_B = 1,45$  [2, ст 284, табл.А.30];

$k_M$  – коефіцієнт марки матеріалу,  $k_M = 1$  [2, ст 284, табл.А.32]; ;

$k_n$  – коефіцієнт об'єму виробництва,  $k_n = 1,21$  [2, ст 283, табл.А.29]

$$S_{\text{заг2}} = \frac{26000}{1000} \cdot 2,2 \cdot 1,53 \cdot 1,31 \cdot 1,44 \cdot 1,45 \cdot 1 \cdot 1,21 - (2,2 - 1,53) \cdot \frac{4000}{1000} =$$

286,97 грн.

Отже, так як  $S_{\text{заг1}} < S_{\text{заг2}}$  можна зробити висновок, що метод поковки є економічно не вигідним. Тому вибираємо метод отримання заготовки – прокат.

### 2.1.1 Проектування технологічного маршруту оброблення деталі

Проектування технологічного маршруту оброблення деталі є ключовим етапом у машинобудуванні, що визначає послідовність операцій, необхідних для перетворення заготовки на готову деталь.

Маршрут обробки фланця представлено в таблиці 2.1

					ДП.ПМ.ФІТА.25.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

## Маршрут механічної обробки фланця КМ.3928.00

№	Маршрут обробки	Верстат	Інструмент		Пристрої
			Різальний	Контрольний	
005	Заготівельна				
Установ А	Установити заготовку по діаметру 105 мм у трьохкулачковому патроні				
010	Токарна 1. Підрізати торець на $\varnothing 105$ 2. Точити $\varnothing 105$ до $\varnothing 100$ мм на довжину 10 мм 3. Зняти фаску $1 \times 45^\circ$ на $\varnothing 100$	HAAS ST- 10Y	MSSNR3232P19 Різець токарний прохідний	Штангель циркуль ШЦ-III- 400-0,1 ГОСТ 166-80	3-х кулачковий патрон
015	1. Свердлити отвір $\varnothing 30$ на прохід. 2. Розточити внутрішній діаметр $\varnothing 30$ до $\varnothing 50$ на глибину 10мм 3. Точити фаски	HAAS ST- 10Y	Свердло із змінними пластинками TOP-4XD (DIA 12-50) $\varnothing 30$ мм	Штангель циркуль ШЦ-III- 400-0,1 ГОСТ 166-80	3-х кулачковий патрон

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.ПМ.ФІТА.25.01.ПЗ

Арк.

18

	1x45° на діаметрі Ø50 і 1,5x45° на діаметрі Ø30				
Устан ов Б	Зняти заготовку, перевернути і закріпити по діаметру Ø100				
020	<p>Токарна з ЧПК</p> <p>1. Підрізати торець у розмір 30 мм</p> <p>2. Точити Ø105 на довжину 20 мм:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- начорно до діаметра Ø93</li> <li>- напівчисто до діаметра Ø90,18</li> <li>- начисто до діаметра Ø90h6</li> </ul> <p>3. Зняти фаски 1x45° на діаметрі Ø90</p> <p>4. Розточити</p>	HAAS ST- 10Y	MSSNR3232P19 Різець токарний прохідний	Штангель циркуль ШЦ-III-400-0,1 ГОСТ 166-80 Мікрометр	3-х кулачковий патрон

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.ПМ.ФІТА.25.01.ПЗ

Арк.

19

	<p>отвір Ø30 до діаметру Ø30,5 під різь М32*1,5</p> <p>Точити фаску 1,5x45 в отворі Ø30,5</p> <p>5. Нарізати різь М32*1,5</p>		<p>Свердло із змінними пластинками TOP-4XD (DIA 12-50) Ø30мм</p> <p>Гребінчаста фреза з механічним кріпленням пластинок</p>		
025	<p>1. Центрувати 2 отвори ø8</p> <p>2. Свердли 2 отвори діаметром ø7,8 на прохід.</p> <p>3. Зняти 4 фаски 1x45°з обох боків 2-х отворів ø8H7</p> <p>4. Розвертувати 2 отвори начорно до розміру ø7,95 і начисто до розміру ø8H7 на прохід.</p>	НААС ST- 10Y	<p>Свердло центрувальне Ø3.</p> <p>Свердло 3HD 070-064-08 P18 ø7,8 мм</p> <p>Зенківка спеціальна чорнова ø7,8 мм і чистова ø8H7</p>	Штанге нциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ	3-х кулачковий патрон
030	Контрольна	Стіл ВТК		Штанге нциркуль ШЦ-I-	Стіл ВТК

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.ПМ.ФІТА.25.01.ПЗ

Арк.

20

				125-0,1 ГОСТ 166-80 Калібр- скоба	
--	--	--	--	---	--

### 2.1.2 Вибір технологічних баз

Вибір технологічних баз є одним із найвідповідальнішим етапом при розробці технологічного процесу механічної обробки фланця. Від правильного вибору баз залежить точність взаємного розташування всіх поверхонь, що формують деталь: торців, циліндричних поверхонь (зовнішніх і внутрішніх), а також отворів. Особливо це актуально, коли обробка розділена на дві установки. Кожна установка вимагає ретельного обґрунтування вибору баз, адже це безпосередньо впливає на якість виробу, зменшує кількість похибок та оптимізує трудомісткість виробництва.

При виборі баз керуємося такими принципами:

- Принцип єдності баз;
- Принцип постійності баз;
- Принцип суміщення баз;

Для ефективного вибору баз, що враховують дві установки, необхідно проаналізувати типову конструкцію фланця та вимоги до точності.

Метою установу А є чорнова обробка однієї сторони фланця та створення первинних точних базових поверхонь для наступних операцій. На операції 010 йде закріплення деталі по поверхні 1 (рис.2.5). По зовнішній поверхні базою являється зовнішня поверхня  $\varnothing 105$  мм.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

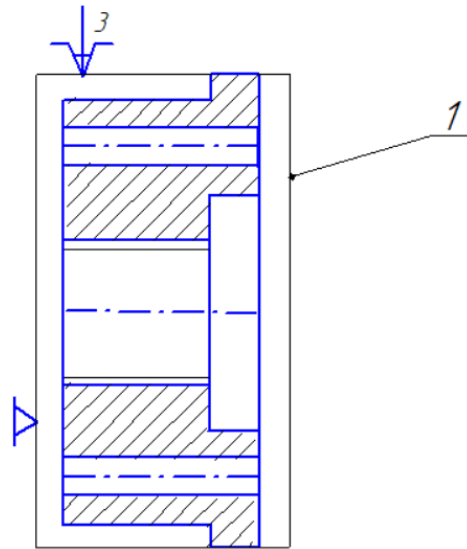


Рисунок 2.5 – Схема базування чорнової основи технологічного процесу (Установ А)

Метою другої установки є чистова обробка іншої сторони фланця та виконання точних токарних операцій, використовуючи раніше оброблені поверхні як високоточні бази. На установі Б операції 010 деталь встановлюється по обробленій поверхні  $\varnothing 100$  це є чистовою базою (рис 2.6)

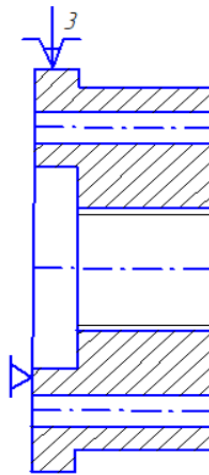


Рисунок 2.6 – Схема базування чистової основи технологічного процесу (Установ Б)

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.ПМ.ФІТА.25.01.ПЗ

Арк.

22

Послідовний підхід до вибору технологічних баз, розподілений між двома установками, дозволяє ефективно використовувати можливості токарного обробного центру HAAS ST-10Y. Він забезпечує поетапне підвищення точності обробки, починаючи з чорнових операцій і завершуючи високоточними чистовими операціями.

### 2.1.3 Вибір засобів технологічного обладнання

У сучасному машинобудуванні, що характеризується постійно зростаючими вимогами до точності, продуктивності та гнучкості виробництва, вибір оптимального технологічного обладнання є ключовим фактором успіху. Для виконання поставлених у даній дипломній роботі завдань з обробки деталей, що потребують високої точності та можливості комплексного виконання операцій, було обґрунтовано вибір токарного обробного центру HAAS ST-10Y.

HAAS ST-10Y — це компактний, але потужний токарний верстат з ЧПК, оснащений віссю Y та приводним інструментом, що значно розширює його технологічні можливості. Нижче наведено основні критерії, за якими було здійснено вибір даного обладнання:

- Багатофункціональність та універсальність: Наявність осі Y дозволяє виконувати не тільки токарні операції (точіння зовнішніх і внутрішніх поверхонь, нарізання різьби, свердління по осі Z), але й фрезерні операції (свердління, нарізання різьби, фрезерування по осях X, Z і Y) за одну установку деталі. Це суттєво зменшує кількість переустановок, підвищує точність обробки та скорочує час циклу. Приводний інструмент дозволяє використовувати широкий спектр інструментів для різних видів обробки, включаючи складні геометричні форми.
- Висока точність та жорсткість: Верстати HAAS відомі своєю конструктивною жорсткістю, що є критично важливим для отримання високоточних деталей. Токарний верстат ST-10Y оснащений прецизійними кульковими гвинтами та надійними направляючими, що забезпечує

					ДП.ПМ.ФІТА.25.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

мінімальні вібрації та високу повторюваність позиціонування. Це дозволяє досягти жорстких допусків, які вимагаються для виробництва критично важливих компонентів.

- Компактність та ергономіка: Модель ST-10Y відрізняється відносно невеликими габаритами, що робить її ідеальною для використання в умовах обмеженого виробничого простору. Водночас, конструкція верстата забезпечує зручний доступ до робочої зони та інструментів, що спрощує налаштування та обслуговування.
- Простота програмування та експлуатації: Система ЧПК HAAS Intuitive Programming System (IPS) відома своєю простотою та інтуїтивністю, що значно спрощує програмування складних операцій. Крім того, верстат підтримує стандартні G-коди та M-коди, що дозволяє використовувати програми, створені в інших САМ-системах. Це знижує вимоги до кваліфікації оператора та час на освоєння обладнання.
- Надійність та сервісна підтримка: Обладнання HAAS відоме своєю високою надійністю та довговічністю. Широка мережа сервісних центрів та доступність запасних частин гарантують мінімальний час простою у разі виникнення несправностей, що є важливим фактором для безперебійної роботи виробництва.
- Економічна ефективність: Незважаючи на розширені можливості, HAAS ST-10Y пропонує відносно доступну ціну порівняно з аналогічними багатофункціональними верстатами інших виробників. Це робить його привабливим рішенням для малих та середніх підприємств, які прагнуть модернізувати своє виробництво без значних капіталовкладень.

На рисунку 2.7 зображено верстат який використовується для деталі «Фланець» на середньосерійному виробництві.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24



Рисунок 2.7 – Верстат з ЧПК HAAS ST-10Y

Технічні характеристики верстату представлені в таблиці 2.2

Таблиця 2.2

Основні характеристики токарно-горизонтального верстата з ЧПК HAAS ST-10Y [2]

Максимальна потужність	11,2 кВт
Розмір патрона	165 мм
Максимальне тягове зусилля	
- вздовж осі X	10,676 кН
- вздовж осі Y	10,231 кН
- вздовж осі Z	16,458 кН
Переміщення	
- по осі X	200 мм
- по осі Y	± 51 мм
- по осі Z	406 мм
Кількість інструментів в револьверній головці, шт	12
Тип головки	12-позизійний Hybrid(6 VDI; 6 BOT)
Максимальна швидкість оберт	0-6000

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.ПМ.ФІТА.25.01.ПЗ

Арк.

25



властивостей ріжучого інструменту та динаміки процесу різання дозволяє значно покращити всі показники виробництва.

а) Аналітичний метод режимів різання при точінні поверхні  $\varnothing 90h7$  мм. [4]

Обробка ведеться на горизонтально-токарному верстаті з ЧПК мод. HAAS ST-10Y

Вибір інструмента

Вибираємо різець токарний збірний контурний з механічним кріпленням з твердого сплаву T15K6.

$\varphi=90^\circ$ ;  $\alpha=8^\circ$ ;  $\varphi_1=10^\circ$ ;  $\lambda=0^\circ$ ;  $r=1,5$ мм.;  $\gamma=10^\circ$

державка- сталь 40X ГОСТ4543-71

Чорнове точіння

1.1 Глибина різання  $t = \frac{105-90,16}{2} = 7,31$  мм;

Розподіляєм глибину на 3 проходи, тому  $t = 2,4$  мм

1.2 Вибір подачі  $s = 0.5$ мм/об [4]

1.3 Розрахунок нормативної швидкості різання

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_v, \quad (2.5)$$

$C_v = 350$ ,

$x = 0.15$ ,

$y = 0.35$ ;

$m = 0.2$ ;

$T = 60$  хв.

$K_v$  - поправочний коефіцієнт

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{nv} \cdot K_\varphi \cdot K_r \quad (2.6)$$

					ДП.ПМ.ФІТА.25.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

де  $K_{nv}$  – коефіцієнт, що враховує вплив стану поверхні деталі,  $K_{nv} = 0,9$  [4]

$K_{iv}$  - коефіцієнт, що враховує вплив інструмента,  $K_{iv} = 1$  [4]

$K_{mv}$  – коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу заготовки де  $n_v$  - коефіцієнти;

$$K_{mv} = K_r \left( \frac{750}{\sigma_s} \right)^{n_v} \quad (2.7)$$

$$n_v = 1$$

$$K_{iv} = 1;$$

$$K_{nv} = 0,9;$$

$$K_\varphi = 0,7;$$

$$K_r = 1;$$

$$K_{mv} = 1 \cdot \left( \frac{750}{410} \right)^1 = 1,8$$

$$K_v = 1,8 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 = 1,62$$

$$V = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 2,4^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} \cdot 1,62 = 279,4 \text{ м/хв}$$

#### 4.6 Частота обертання шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi d} = \frac{1000 \cdot 279,4}{3,14 \cdot 105} = 847,4 \text{ об/хв}$$

#### Визначення сили різання

$$P_z = 10C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (2.8)$$

де  $C_p$ ,  $x$ ,  $y$ ,  $n$  - змінні параметри,  $C_p = 300$ ,  $x = 1$ ,  $y = 0.75$ ,  $n = -0.15$  [4]

$K_p$  - поправочний коефіцієнт

$$K_{\varphi p} = 0.89, K_{\gamma p} = 1, K_{\lambda p} = 1, K_{r p} = 1; [4]$$

$$K_{mp} = (\sigma_B / 750)^n \quad (2.9)$$

					ДП.ПМ.ФІТА.25.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

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

$$K_{mp} = (410/750)^{0,75} = 0,636$$

$$K_p = 0,89 \cdot 0,636 \cdot 1 = 0,566$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2,4^1 \cdot 0,5^{0,75} \cdot 279,4^{-0,15} \cdot 0,566 = 1051,402 \text{ Н}$$

Потужність різання

$$N_p = \frac{P_z \cdot V}{1000 \cdot 60} \quad (2.10)$$

$$N_p = \frac{P_z \cdot V}{1000 \cdot 60} = \frac{1051,402 \cdot 279,4}{1000 \cdot 60} = 4,896 \text{ кВт}$$

Перевірка можливості обробки на верстаті HAAS ST-10Y

$$N_{шп} > N_p$$

$$N_{шп} = N_{ДВ} \cdot \eta = 11,2 \cdot 0,8 = 8,96 \text{ кВт}$$

Так як  $N_{шп} = 8,96 \text{ кВт} > N_p = 4,896 \text{ кВт}$  то обробка на даному верстаті  
МОЖЛИВА.

Розрахунок машинного часу на обробку

$$T = \frac{L}{n \cdot S} \cdot i \quad (2.11)$$

де,  $L$  - довжина обробки,  $L = 30 \text{ мм}$ .

$i$  – кількість переходів,  $i = 3$

$$T = \frac{L}{n \cdot S} \cdot i = \frac{30}{847,4 \cdot 0,5} \cdot 3 = 0,2 \text{ хв}$$

Чистове точіння

					ДП.ПМ.ФІТА.25.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

$$1.2 \text{ Глибина різання } t = \frac{90,38-90,18}{2} = 0,1 \text{ мм};$$

$$1.2 \text{ Вибір подачі } s = 0.3 \text{ мм/об [4]}$$

1.3 Розрахунок нормативної швидкості різання

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

$$C_v = 350,$$

$$x = 0.15,$$

$$y = 0.35;$$

$$m = 0.2;$$

$$T = 60 \text{ хв}$$

$K_v$  - поправочний коефіцієнт

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{iv} \cdot K_{nv} \cdot K_\varphi \cdot K_r,$$

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

$$K_{nv} = 0,9; [3]$$

$K_{iv}$  - коефіцієнт, що враховує вплив інструмента,  $K_{iv} = 1; [3]$

$K_{mv}$  – коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу заготовки де  $n_v$  - коефіцієнти;

$$K_{mv} = K_r \left( \frac{750}{\sigma_s} \right)^{n_v}$$

$$n_v = 1$$

$$K_{iv} = 1;$$

$$K_{nv} = 0,9;$$

$$K_\varphi = 0,7;$$

$$K_r = 1;$$

$$K_{mv} = 1 \cdot \left( \frac{750}{410} \right)^1 = 1,8$$

$$K_v = 1,8 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 = 1,62$$

$$V = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 0,1^{0,15} \cdot 0,3^{0,35}} \cdot 1,62 = 538,2 \text{ м/хв}$$

4.6 Частота обертання шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi d} = \frac{1000 \cdot 538,2}{3,14 \cdot 90,38} = 1896,5 \text{ об/хв}$$

					ДП.ПМ.ФІТА.25.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

## Розрахунок машинного часу на обробку

$$T = \frac{L}{n \cdot S} \cdot i$$

де, L - довжина обробки, L = 30 мм

i – кількість переходів, i = 1

$$T = \frac{L}{n \cdot S} \cdot i = \frac{30}{1896,5 \cdot 0,3} \cdot 1 = 0,05 \text{ хв}$$

## Тонке точіння

1.3 Глибина різання  $t = \frac{90,18-90}{2} = 0,09$  мм;

1.2 Вибір подачі  $s = 0,1$  мм/об [4]

1.3 Розрахунок нормативної швидкості різання

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

$C_v = 350,$

$x = 0,15,$

$y = 0,35;$

$m = 0,2;$

$T = 60$  хв.

$K_v$  - поправочний коефіцієнт

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{iv} \cdot K_{nv} \cdot K_\phi \cdot K_r,$$

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

$K_{nv} = 0,9;$  [3]

$K_{iv}$  - коефіцієнт, що враховує вплив інструмента,  $K_{iv} = 1;$  [4]

$K_{mv}$  – коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу заготовки де  $n_v$  - коефіцієнти;

$$K_{mv} = K_r \left( \frac{750}{\sigma_s} \right)^{n_v}$$

$n_v = 1$

$K_{iv} = 1;$

					ДП.ПМ.ФІТА.25.01.ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_{nv} = 0,9;$$

$$K_{\varphi} = 0,7;$$

$$K_r = 1;$$

$$K_{MV} = 1 \cdot \left(\frac{750}{410}\right)^1 = 1,8$$

$$K_v = 1,8 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 = 1,62$$

$$V = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 0,09^{0,15} \cdot 0,1^{0,35}} \cdot 1,62 = 803,2 \text{ м/хв}$$

4.6 Частота обертання шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi d} = \frac{1000 \cdot 803,2}{3,14 \cdot 90} = 2842,2 \text{ об/хв}$$

Розрахунок машинного часу на обробку

$$T = \frac{L}{n \cdot S} \cdot i$$

де,  $L$  - довжина обробки,  $L = 30$  мм

$i$  – кількість переходів,  $i = 1$

$$T = \frac{L}{n \cdot S} \cdot i = \frac{30}{2842,2 \cdot 0,1} \cdot 1 = 0,11 \text{ хв}$$

б) Аналітичний метод режимів різання на свердлування отвору  $\varnothing 8H7$  мм.

Обробка ведеться на горизонтально-токарному верстаті з ЧПК мод. HAAS ST-10Y. Ріжучий інструмент свердло  $\varnothing 8$  мм. з швидкорізальної сталі P6M5.

Визначаємо глибину різання:

$$t = 0,5D \quad (2.12)$$

$$t = 0,5 \cdot 8 = 4 \text{ мм}$$

Розподіляєм глибину на 2 проходи, тому  $t = 2$  мм

Подача при свердлінні отворів без обмежуючих факторів обирається максимально допустимою по міцності свердла  $S = 0,12$  мм/об. [4]

					ДП.ПМ.ФІТА.25.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Швидкість різання визначаємо за формулою:

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m S^y} K_v \quad (2.13)$$

де коефіцієнт  $C_v = 7$  і показники ступеню  $q = 0,4$ ;  $y = 0,7$ ;  $m = 0,2$  [4],

$T$  – період стійкості інструменту  $T = 25$  [4],  $K_v$  - загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, враховуючий фактичні умови різання:

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Iv} \cdot K_{lv} \quad (2.14)$$

де  $K_{Mv}$  - коефіцієнт на матеріал що обробляється [3]

$$K_{Mv} = K_\Gamma \left( \frac{750}{\sigma_\epsilon} \right)^{nv} \quad (2.15)$$

$K_{Iv}$  - коефіцієнт на інструментальний матеріал  $K_{Iv} = 1$  [4],

$K_{lv}$  - коефіцієнт враховуючий глибину свердлення  $K_{lv} = 1$  [4]

$$K_{Mv} = 1 \cdot \left( \frac{750}{410} \right)^{-0.9} = 0.6$$

$$K_v = 0.6 \cdot 1 \cdot 1 = 0.6$$

$$v = \frac{7 \cdot 8^{0.4}}{25^{0.2} \cdot 0.12^{0.5}} \cdot 0.6 = 24.39$$

Число обертів шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 24.39}{3,14 \cdot 8} = 970.9 \text{ об/хв}$$

Крутний момент розраховується по формулі

$$M_{кр} = 10 C_M D^q S^y K_p \quad (2.16)$$

де  $K_p$  та  $C_M$  - довідникові коефіцієнти,  $q$  та  $y$  - показники степені.

$C_M = 0.0345$ ;  $q = 2,0$ ;  $y = 0,8$ ; [4]

Коефіцієнт враховуючий фактичні умови обробки, в даному випадку залежить тільки від матеріалу заготовки що оброблюється та визначається із

					ДП.ПМ.ФІТА.25.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

виразу:

$$K_p = K_{MP}$$

Значення коефіцієнта  $K_{MP}$  приведені у [4, ст 9, А9 ].

$$K_{MP} = \left( \frac{\sigma_{\epsilon}}{750} \right)^n \quad (2.17)$$

$$n = 0,75$$

$$K_{MP} = \left( \frac{410}{750} \right)^{0,75} = 0.64$$

$$M_{кр} = 10 \cdot 0.0345 \cdot 8^2 \cdot 0,12^{0,8} \cdot 0.64 = 2.59 \text{ Нм}$$

Осьова сила  $P_o$ , Н визначається за формулою;

$$P_o = 10 C_p D^q s^y K_p \quad (2.18)$$

де  $C_p = 68, q = 1,0, y = 0,7$ . [4, с.27 А 38]

$K_p = K_{MP}$  і рівний значенню  $K_{MP}$  для крутного моменту.

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 8^1 \cdot 0,12^{0,7} \cdot 0.64 = 789,2 \text{ Н}$$

Потужність різання  $N$ , кВт визначається по формулі:

$$N_e = \frac{M_{кр} n}{9750} = \frac{2,59 \cdot 970.9}{9750} = 0,26 \text{ кВт}$$

Розрахунок машинного часу на обробку

$$T = \frac{L}{n \cdot S} \cdot i$$

де,  $L$  - довжина обробки,  $L = 30$  мм

$i$  – кількість переходів,  $i = 2$

$$T = \frac{L}{n \cdot S} \cdot i = \frac{30}{970 \cdot 0,12} \cdot 2 = 0.52 \text{ хв}$$

Свердління проводиться двох отворів тому основний час буде

$$0.52 \cdot 2 = 1,04 \text{ хв}$$

					ДП.ПМ.ФІТА.25.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

в) визначення режимів за допомогою програми «Secocut»

Для забезпечення оптимальної продуктивності, якості обробки та стійкості інструменту, вибір режимів різання є критично важливим етапом технологічного процесу. Сучасні програмні комплекси, такі як Secocut значно спрощують цей процес, надаючи рекомендовані параметри на основі великої бази даних інструменту, матеріалів та умов обробки. На рис. 2.8 вказано інтерфейс програми «Secocut» та вікно вибору інструменту для операції 015 (рис. 2.9)

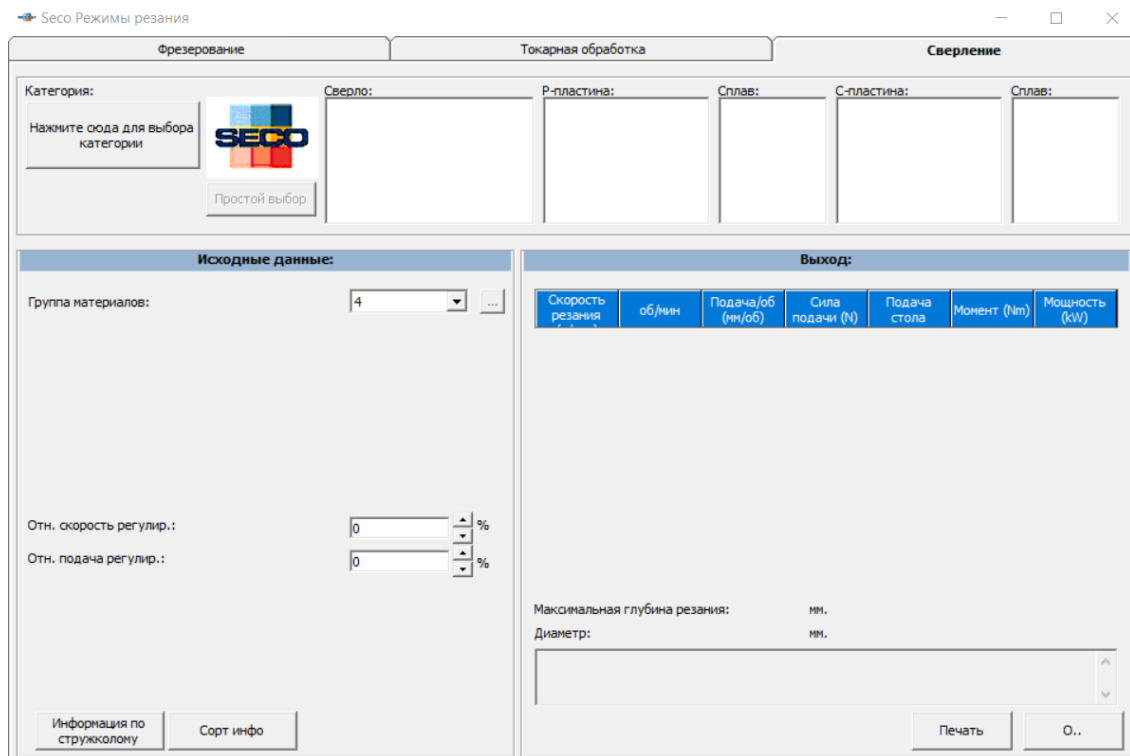


Рисунок 2.8 – Интерфейс програми «Secocut»

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.ПМ.ФІТА.25.01.ПЗ

Арк.

35

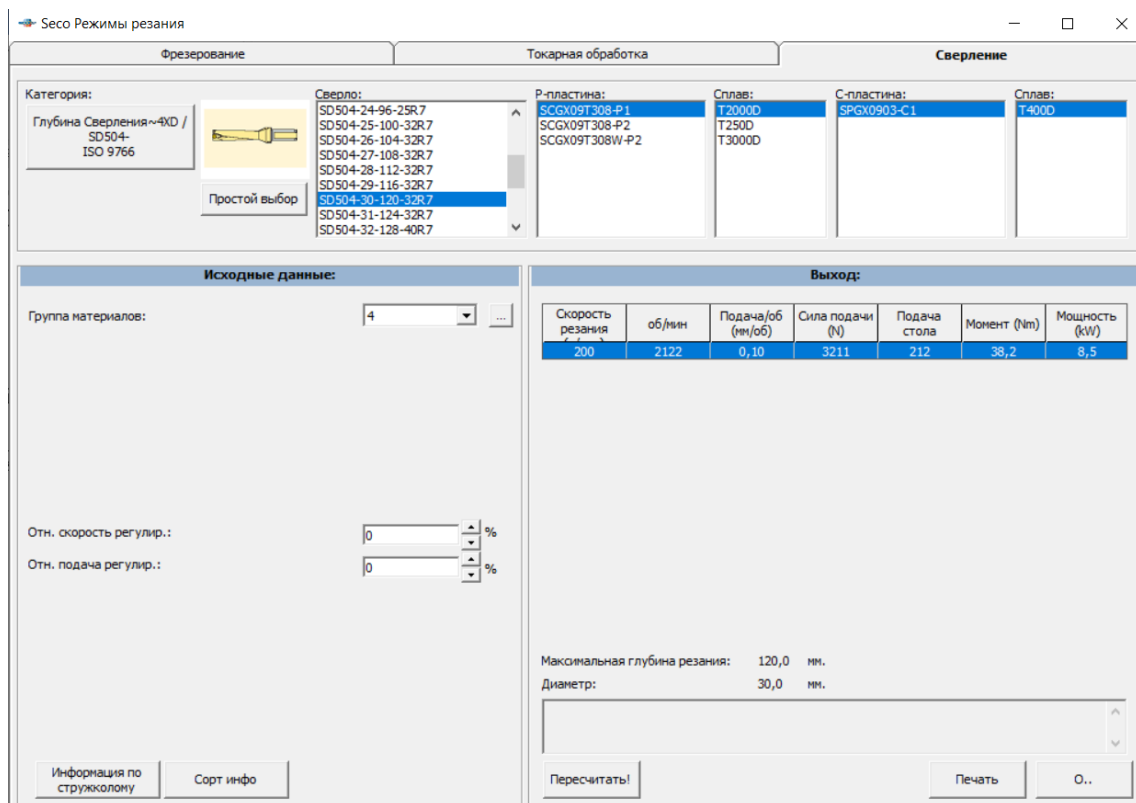


Рисунок 2.9 – Вікно вибору операції

Режими різання для інших переходів та операцій зведені в таблиці 2.3

Таблиця 2.3 – Режими різання обробки деталі «Фланець»

№ операції	Назва операції	t,мм	i	S мм/об	V м/хв	n об/хв	T <sub>о</sub> хв
1	2	3	4	5	5	7	8
005	Відрізна	2	-	0,25	450	1365	0,1
010	Токарна 1. Підрізати торець на поверхні Ø 105	1,25	1	0,1	415	1260	0,24
	2. Точити Ø 105 до Ø100 мм на довжину 10 мм	2,5	1	0,5	279,4	847,4	0,7
	3. Зняти фаску 1×45° на Ø100	1	1	0.1	549	1943	0,15
	Токарна						

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

ДП.ПМ.ФІТА.25.01.ПЗ

Арк.

36

015	1.Свердлити отвір Ø30 на прохід.	2	1	0,1	200	2122	0,14
	2.Розточити внутрішній діаметр Ø30 до Ø50 на глибину 10мм	2	5	0,5	373	2375	0,13
	Точити фаски 1x45° на діаметрі Ø50 і 1,5x45° на діаметрі Ø30	1,5	1	0,25	450	1462	0,08
020	Токарна з ЧПК 1.Підрізати торець у розмір 30 мм	1,25	1	0,1	415	1260	0,24
	2. Точити Ø105 на довжину 20 мм: - начорно до діаметра Ø93	2,4	3	0,5	279.4	847.4	0,2
	- напівчисто до діаметра Ø90,18	0.1	1	0.3	538.2	1896.5	0.05
	- начисто до діаметра Ø90h6	0.09	1	0.1	803.2	2842.2	0.11
	3.Зняти фаски 1x45° на діаметрі Ø90	1	1	0.1	549	1943	0,15
4.Розточити отвір Ø30 до діаметру	0.5	1	0.25	253	2686	0,05	

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.ПМ.ФІТА.25.01.ПЗ

Арк.

37

	Ø30,5 під різь М32*1,5						
	5.Точити фаску 1x45 в отворі Ø30,5	1	1	0,25	230	2402	0,05
	6. Нарізати різь М32*1,5	1,5	1	0,13	208	1654	0,1
025	Токарна 1. Центрувати 2 отвори Ø8	2	2	0,05	143	714	1,6
	2. Свердлити 2 отвори діаметром Ø7,8 на прохід.	2	2	0.12	24.39	970.9	1,04
	3. Зняти 4 фаски 1x45°з обох боків 2-х отворів Ø8H7	1	2	0.1	549	1943	0,31
	4. Розвертувати 2 отвори начорно до розміру Ø7,95 і начисто до розміру Ø8H7 на прохід.	0,1	2	0,25	176	310	1,36

## 2.2 Розрахунок припусків і технологічних розмірів

Розрахунок припусків і технологічних розмірів дозволяє визначити оптимальні величини матеріалу, які необхідно зрізати на кожній операції, а також показують проміжні розміри деталі після виконання кожної технологічної

					ДП.ПМ.ФІТА.25.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

операції. Аналітичний метод розрахунку припусків ґрунтується на математичному визначенні мінімального припуску за сумою складових похибок, що виникають на попередніх технологічних переходах або операціях.

Результати розрахунків вносимо до таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Карта розрахунку припусків на обробку та граничних розмірів по технологічних переходах  $\varnothing 90h7$

Технологічні переходи обробки поверхні $\varnothing 90h7$	Елементи припуска, мкм				Розрахунковий припуск $2z_{\min}$ , мм	Розрахунковий розмір, $d_p$ , мм	Допуск $\delta$ , мкм	Граничний розмір, мм		Граничні значення припусків, мм	
	$R_z$	T	$\rho$	$\varepsilon$				$d_{\min}$	$d_{\max}$	$2z_{\min}^{zp}$	$2z_{\max}^{zp}$
Заготовка $\varnothing 105_{-35}^0$	320	400	0.5	-	-	92.598	870	92.60	93.47	-	-
1. Точіння чорнове	125	100	39	500	2·1,2 2	90,158	220	90,16	90,38	2,44	2,75
2. Точіння чистове	30	30	2,34	75	2·0,3 4	90,09	87	90,09	90,18	0,68	0,99
3. Точіння тонке	6	-	-	-	2·0,0 025	89,965	35	89,97	90	0,125	0,250

Технологічний маршрут обробки поверхні  $\varnothing 90h7$  складається із чорнового точіння, чистового точіння та тонкого точіння.

Значення  $R_z$  і  $T$  для заготовки вибираємо із [5]. Значення  $R_z$  і  $T$  після механічної обробки та технологічні відхилення  $\delta$  - із [5].

Знаходимо значення просторової похибки:

$$\rho = \rho_k = \Delta_k \cdot l,$$

де  $\rho_{кор}$  - величина короблення заготовки;

$\Delta_k$  - питома кривизна заготовки, мкм на 1 мм довжини [5];

$l$  - довжина заготовки в мм.

$$\rho_{кор} = 1,3 \cdot 30 = 39 \text{ мкм.}$$

Залишкова величина просторових відхилень [5]:

Після обточування:

$$\rho_1 = 0,06 \cdot 369 = 22 \text{ мкм,}$$

Після чистового точіння, ступінь кривизни буде найтільки мінімальним, що нею можна знехтувати при обчисленні.

При встановленні заготовки похибка в 3-х кулачковому патроні становить :  
 $\varepsilon_y = 500$  мкм.

Для наступних операцій похибка установки визначається за формулою:

$$\varepsilon_y = 0,05 \cdot \varepsilon_y + \varepsilon_{інд},$$

де  $\varepsilon_{інд}$  - похибка індексації,  $\varepsilon_{інд} = 50$  мкм = const.

Отже, похибка установки:

$$\varepsilon_y = 0,05 \cdot 500 + 50 = 75 \text{ мкм.}$$

Найменші граничні розміри встановлюємо відніманням технологічного допуску з переходів від заокругленого до точності допуску найбільшого граничного відхилення.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.01.ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Граничні величини припусків  $2z_{max}$  встановлюємо як різницю найменших граничних розмірів, а значення  $2z_{min}$  визначаємо як різницю найбільших граничних габаритів заготовки переходу, який здійснюється, та попереднього.

Результати розрахунків заносимо в таблицю 2.4

Загальні припуски :

$$2z_{0min} = 2 \cdot (320 + 400 + 0.5 + 500) = 2441 \text{ мкм} = 2.44 \text{ мм};$$

$$2z_{0max} = 2.44 + 0.087 + 0.22 = 2.75 \text{ мм}.$$

### 2.3 Технічне нормування операцій

Технічне нормування операцій є ключовим етапом у розробці технологічного процесу, що дозволяє встановити обґрунтовані норми часу на виконання кожної операції, а також норми виробітку. Точне нормування необхідне для планування виробництва, розрахунку собівартості продукції, ефективного завантаження обладнання та раціональної організації праці.

Метою технічного нормування є визначення всіх складових оперативного часу та їх подальше підсумовування для отримання загальної норми штучного часу.

У серійному виробництві визначається норма штучно-розрахункового часу :

$$T_{шт.к} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n} \quad (2.19)$$

де  $n$  – розмір партії деталей, що визначається за формулою: [6]

де:  $N$  - річна програма випуску деталей,  $N=10000$  шт.;

$t$  - кількість днів, на який необхідно мати запас деталей,  $t=365$  днів;

$F$  - кількість робочих днів у році,  $F=245$  днів.

Підставляємо значення у формулу (2.20) та одержуємо розмір партій деталей

					ДП.ПМ.ФІТА.25.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

$$n = \frac{1000 \cdot 365}{245} = 1484 \text{ шт} \quad (2.20)$$

Для розрахунку норми штучного часу  $T_{шт}$  використовуємо наступну формулу: [7]

$$T_{шт} = T_o + T_v + T_{об} + T_{від} \quad (2.21)$$

де  $T_o$  – головний термін обробки однієї деталі на заданій операції, хв. Являє собою підсумковий час обробки на заданій операції

$T_{від}$  – час відпочинку

$$T_o = \sum T_{oi} = 4.31 \text{ хв}$$

Норма допоміжного часу,  $T_v$ , становить час, необхідний для виконання дій, що забезпечують проведення основної роботи. Це, зокрема: встановлення та зняття заготовки чи деталі, активація та деактивація верстата, неробочі переміщення інструмента, заміна інструмента на інший або коригування положення наявного. Для цієї операції  $T_v$  обчислюється за формулою:

$$t_v = t_{y.c} + t_{з.о} + t_{уп} + t_{вим} \quad (2.22)$$

Де,  $t_{y.c}$  – час для встановлення і забирання деталі, хв;

$t_{з.о}$  – час на закріплення та відкріплення деталі, хв;

$t_{уп}$  – час для прийом управління, хв.;

$t_{вим}$  – час для вимірювання деталі, хв;

$t_{обр}$  – час обслуговування робочого місця, хв

Час, виділений на обслуговування робочого місця,  $t_{об}$ , у масовому та серійному виробництві, включає в себе час на організаційне обслуговування,  $t_{орг}$ , та час на технічне обслуговування,  $t_{тех}$ , даного робочого місця.

$$t_{об} = t_{тех} + t_{орг} \quad (2.23)$$

$t_{від}$  – час на перерерви та особисті потреби, хв.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Основний час обчислюється шляхом розрахунку за всіма етапами обробки, беручи до уваги накладання переходів (для робіт на верстатах) за формулою:

$$T = \frac{L}{n \cdot S} \cdot i \quad (2.24)$$

де  $l$  – обчислена довжина поверхні, що підлягає обробці (розрахункова довжина переміщення інструменту або заготовки у напрямку подачі), мм;

$i$  – кількість робочих ходів;

$S$  – подача інструменту, мм/об.

Всі розрахункові дані вносимо в таблицю 2.5

Таблиця 2.5 – Технеологічне нормування часу

Номер і найменування операції	$t_o$ , хв	$t_B$			$t_B$	$t_{об}$		$T_{п.з}$	$t_{шт}$
		$t_{yc}$	$t_{уп}$	$t_{вим}$		$t_{тех}$	$t_{орг}$		
005 Відрізна	0,1	0,07 1	0,07 1	0,08	6	0,02	0,33	6	12.6 72
010А Токарна	1,01	0,2	0,11	0,15	6	0,03	1,24	9	17.7 4
015 Токарна	0,35	0,2	0,06	0,15	6	0,1	0,59	9	16.4 5
020Б Токарна з ЧПК	1,35	0,2	0,22	0,71	6	0,04	1,59	9	19.1 1
025 Токарна з ЧПК	4,31	0,4	0,06	0,37	6	0,12	4,54	9	31.1 7

## 2.4 Розробка керуючої програми для верстата з ЧПК

Після того, як виконали всі необхідні розрахунки, використовуємо програмне забезпечення SolidWorks CAM для розробки керуючої програми для оброблення деталі фланець.

Для створення програми токарного оброблення були виконані наступні дії:

1. Створено 3D модель у SolidWorks та завантажено у середовище SolidWorks CAM.
2. Створено заготовку (рис 2.10)

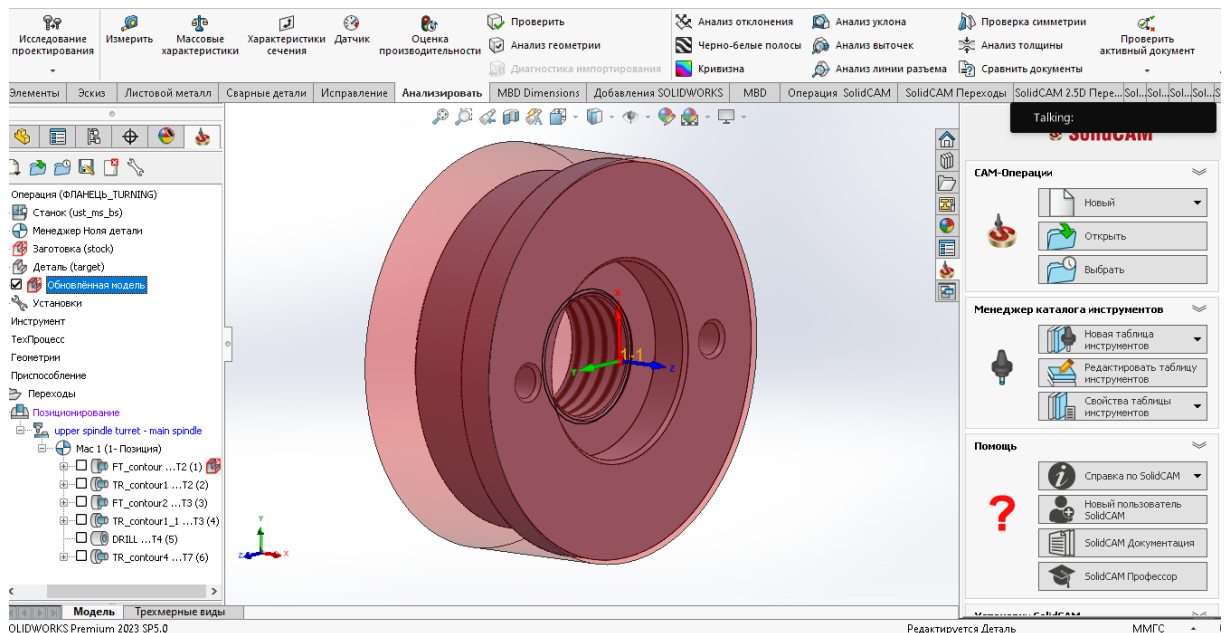


Рисунок 2.10 – Створення заготовки

3. Виконано розпізнання елементів профілю.
4. Вибрано вид оброблення – «Чорнова обробка» (рис 2.11).

					ДП.ПМ.ФІТА.25.01.ПЗ	Арк. 44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

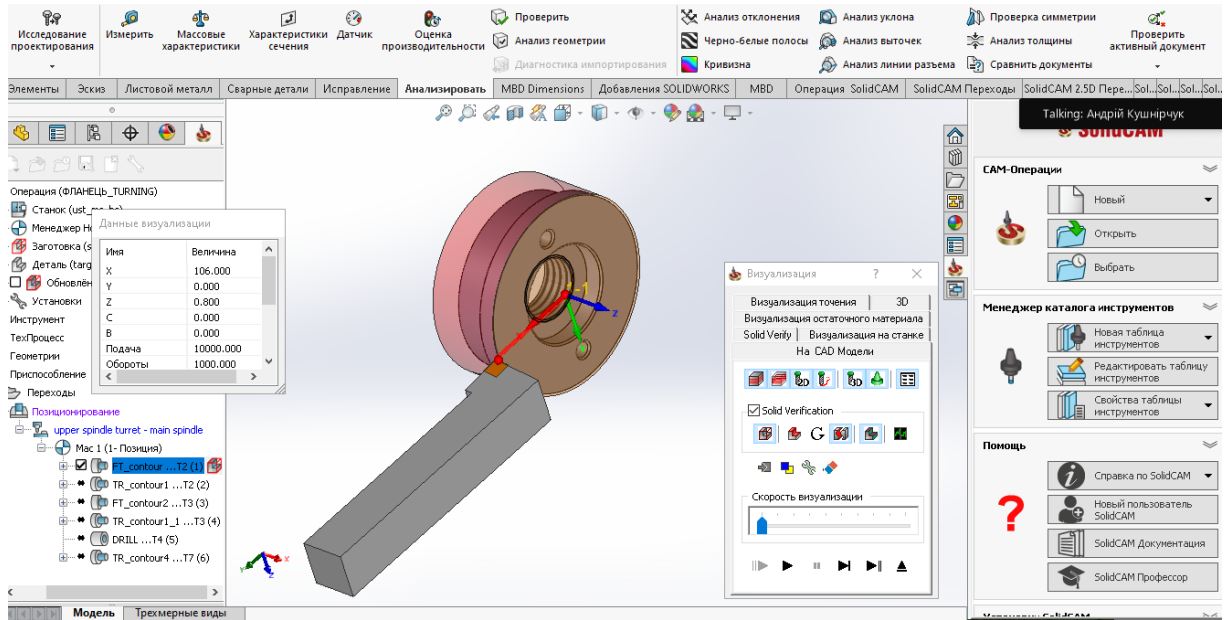


Рисунок 2.11 – Вибір виду оброблення

## 5. Вибрано металообробний інструмент та його параметри

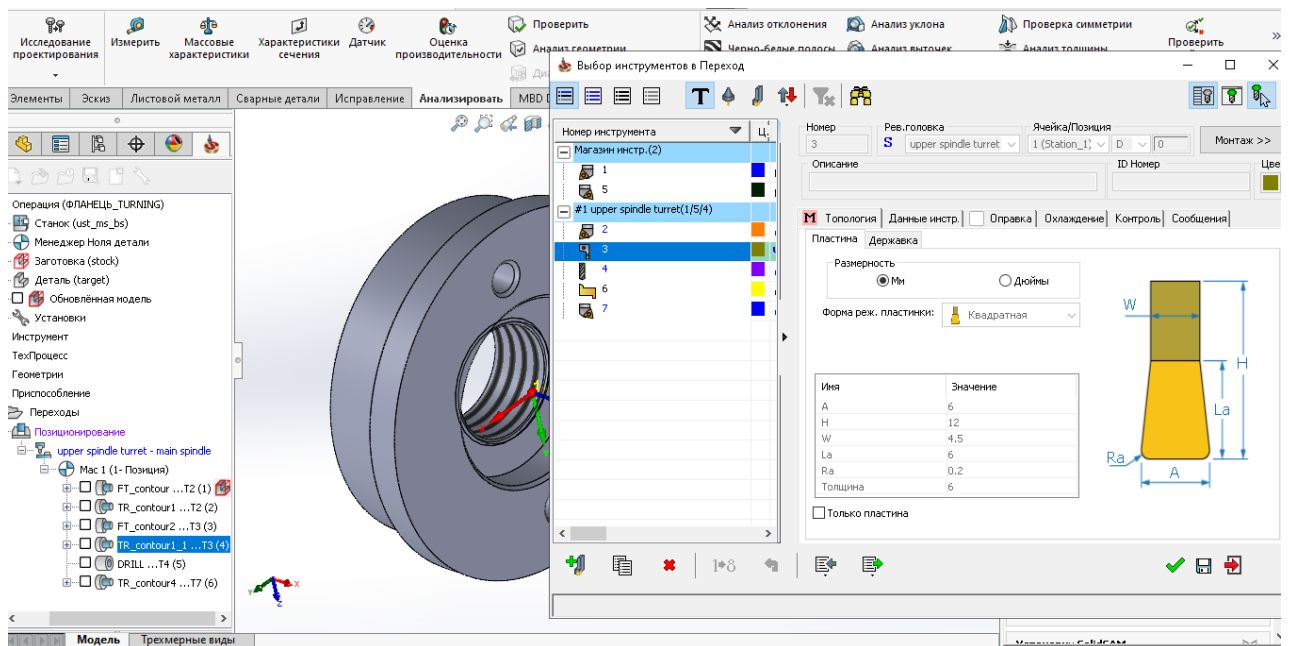


Рисунок 2.12 – Вибір ріжучого інструменту

6. Вибрано режимі різання.

7. Автоматизовано згенеровано траєкторію руху металорізального інструменту при обробленні контуру деталі.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

8. Виконано автоматичне генерування програми оброблення в G-M кодах за допомогою постпроцесора (рис 2.13)

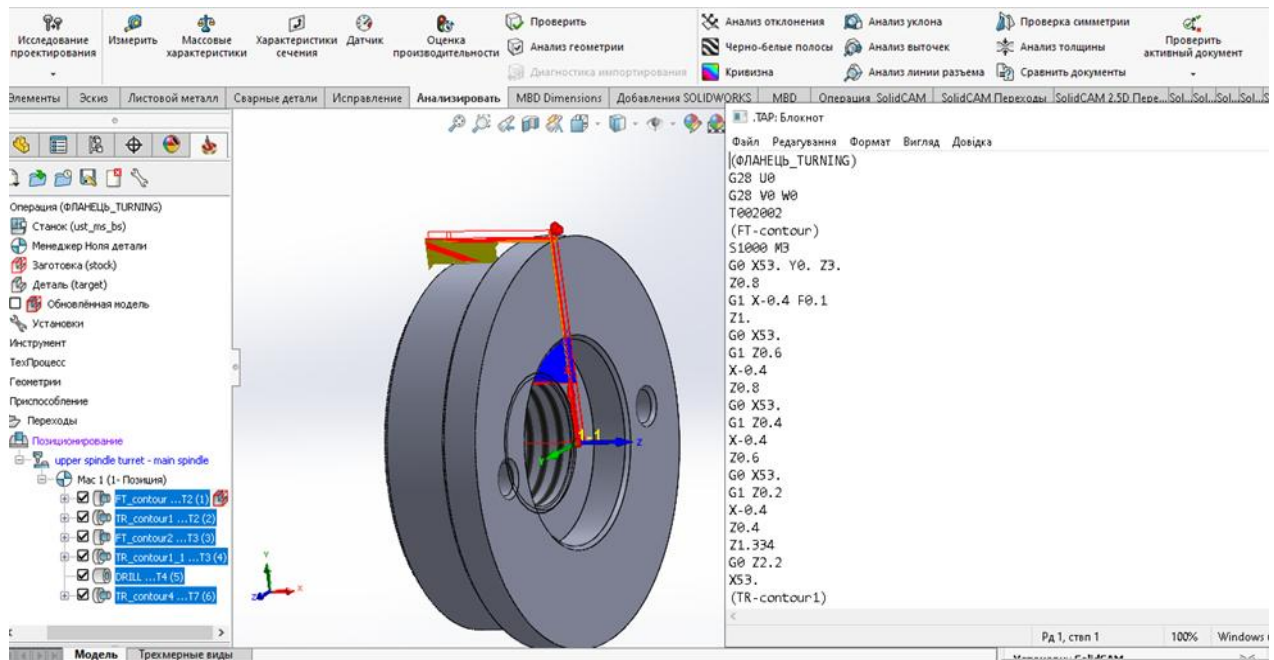


Рисунок 2.13 – Автоматичне генерування програми оброблення в G-M кодї

Згенерований код керуючої програми

```
G28 U0
G28 V0 W0
T002002
(FT-contour)
S1000 M3
G0 X53. Y0. Z3.
Z0.8
G1 X-0.4 F0.1
Z1.
G0 X53.
G1 Z0.6
X-0.4
Z0.8
```

G0 X53.

G1 Z0.4

X-0.4

Z0.6

G0 X53.

G1 Z0.2

X-0.4

Z0.4

Z1.334

G0 Z2.2

X53.

(TR-contour1)

X53. Y0. Z2.2

X50.8

Z2.146

G1 Z-30.4 F0.1

X51.

X51.281 Z-30.372

G0 Z1.881

G1 Z2.2

X50.6

Z-30.4

X50.8

X51. Z-30.2

G0 Z1.8

G1 Z2.2

X50.4

Z-30.4

X50.6

X50.8 Z-30.2

					ДП.ПМ.ФІТА.25.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

G0 Z1.8  
G1 Z2.2  
X50.2  
Z-30.4  
X50.4  
X50.6 Z-30.2  
X51.334 Z-29.453  
G0 X53.  
Z2.2  
M9 M5  
G28 U0  
G28 V0 W0  
T003003  
(FT-contour2)  
S250 M3  
X53. Y0. Z2.2  
Z0.  
X52.2  
G1 X-0.2 F0.1  
Z0.2  
Z1.134  
G0 Z2.  
X53.  
(TR-contour1-1)  
X53. Y0. Z2.  
Z-28.4  
X50.75  
G1 Z-35.941 F0.1  
X51.  
X51.281 Z-35.913

					ДП.ПМ.ФІТА.25.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

G0 Z-28.4

X50.5

G1 Z-35.941

X50.75

X50.95 Z-35.741

G0 Z-28.4

X50.25

G1 Z-35.941

X50.5

X50.7 Z-35.741

G0 Z1.7

G1 Z2.

X50.001

Z-35.941

X50.25

X50.45 Z-35.741

G0 Z-15.35

G1 Z-14.8

X50.

G3 X49.941 Z-14.941 R0.2

G1 X49.75 Z-15.133

Z-35.941

X50.001

X50.201 Z-35.741

G0 Z-16.178

G1 Z-15.178 (...)

					ДП.ПМ.ФІТА.25.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

### 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

#### 3.1 Проектування робочого пристосування або вибір із каталогів провідних виробників та аналіз на міцність і жорсткість

Для обробки деталей на токарних верстатах використовують кулачкові токарні патрони різноманітних конфігурацій. До токарних патронів, які використовуються на верстатах з числовим програмним керуванням, висуваються такі вимоги [8]:

- Висока точність і жорсткість конструкції, що дозволяють ефективно використовувати повну потужність основного приводу верстата;
- Швидке оброблення заготовок;
- Швидке переналагодження при зміні розмірів базової поверхні;
- Мінімізація, за можливості, виключення впливу відцентрових сил, які виникають при високих швидкостях обертання патрона на силу закріплення деталі;
- Наявність достатньо великого центрального отвору в патроні, який дає змогу обробляти пруткові заготовки;
- Універсальність конструкції для фіксації заготовок різних геометричних форм;
- Швидке переналаштування патрона для переходу від обробки в патроні до обробки в патроні та центрі.

Конструкції токарних кулачкових патронів відносять відповідно до різних критеріїв [8]:

- за кількістю кулачків;
- за можливими діапазонами розмірів заготовок, які вони здатні фіксувати;
- за методом фіксації заготовки.

За кількістю кулачків токарні кулачкові є [8]:

- двокулачкові;
- трикулачкові;

					ДП.ПМ.ФІТА.25.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

- чотирикулачкові;
- шестикулачкові.

В машинобудуванні найпоширенішою конструкцією кулачкових токарних патронів є трикулачкові самоцентрувальні патрони (рис3.1).

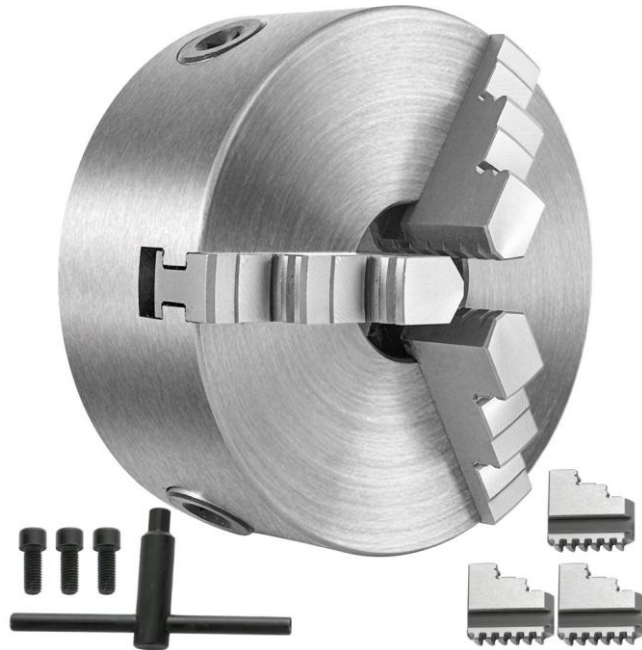


Рисунок 3.1 – Трикулачковий самоцентрувальний патрон

#### Особливості та призначення трьохкулачкового патрона

Трикулачковий патрон є самоцентруючим, що означає, що всі три кулачки одночасно сходяться до центру або розходяться від нього. Це забезпечує швидке та відносно точне центрування циліндричних, шестигранних або інших симетричних заготовок. Його особливість полягається в :

- Універсальності: Широко використовується для закріплення заготовок круглої форми, як зовнішніх, так і внутрішніх поверхонь.
- Швидкості встановлення: Порівняно з чотирикулачковими патронами, трикулачковий патрон значно прискорює процес встановлення та зняття заготовки, оскільки не потребує індивідуального налаштування кожного кулачка.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

- Надійності: Забезпечує достатню жорсткість кріплення для більшості токарних операцій.

### 3.1.1 Розрахунок сил затиску заготовок, що закріплюються в кулачкових патронах [8]

Завдання: Підібрати пневматичний циліндр для спільної роботи з трикулачковим самоцентрувальним патроном. Операція обробки заготовки - токарна чорнова.

Вихідні дані для розрахунків :

- Креслення деталі
- Матеріал заготовки: сталь 20.
- Тимчасовий опір розриву:  $\sigma_B = 410$  МПа.
- Діаметр заготовки:  $d = 105$  мм
- Довжина заготовки:  $L_3 = 35$  мм.
- Глибина різання:  $t = 2,4$  мм
- Подача:  $S = 0,5$  мм/об
- Частота обертання шпинделя верстата:  $n = 847,4$  об/хв.
- Швидкість різання:  $v = 279,4$  м/с.

Патрон трикулачковий, з важільним переміщенням кулачків, що здійснює затиск від обертового пневматичного циліндра двосторонньої дії.

1. Визначаємо тангенціальну й осьову сили різання під час чорнової токарної обробки:

тангенціальна сила різання

$$P_z = 10 \cdot C_{pz} \cdot t^{x_{pz}} \cdot S^{y_{pz}} \cdot v^{n_{pz}} \cdot k_p \quad (3.1)$$

осьова сила різання

$$P_x = 10 \cdot C_{px} \cdot t^{x_{px}} \cdot S^{y_{px}} \cdot v^{n_{px}} \cdot k_p \quad (3.2)$$

					ДП.ПМ.ФІТА.25.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

де,  $C_p$ - коефіцієнт сили різання;  $t$  - глибина різання;  $S$  - подача;  $v$  - швидкість різання  $k_p$  - поправочний коефіцієнт;  $x, y, n$  - показники степеня [4]

$$k_p = k_{м.р.} \cdot k_{\varphi p} \cdot k_{\gamma p} \cdot k_{\lambda p} \cdot k_{r p} \quad (3.3)$$

де  $k_{м.р.}$ - коефіцієнт, що враховує вплив механічних властивостей конструкційних сталей на сили різання;  $k_{\varphi p}, k_{\gamma p}, k_{\lambda p}, k_{r p}$  - поправки до коефіцієнтів, що враховують вплив геометричних параметрів ріжучої частини інструменту.

Для тангенціальної сили різання  $P_z$  [4] :

$$C_p = 300;$$

$$x_{pz} = 1,0;$$

$$y_{pz} = 0,75;$$

$$n_{pz} = -0,15;$$

$$k_{\varphi p} = 1;$$

$$k_{\gamma p} = 1,25;$$

$$k_{\lambda p} = 1,0;$$

$$k_{r p} = 1,0$$

$$k_{м.р.} = \left(\frac{\sigma_s}{750}\right)^n \quad (3.4)$$

$$k_{м.р.} = \left(\frac{410}{750}\right)^{0,75} = 0,636$$

$$k_p = k_{м.р.} \cdot k_{\varphi p} \cdot k_{\gamma p} \cdot k_{\lambda p} \cdot k_{r p} = 0,636 \cdot 1 \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 1 = 0,795$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2,4^1 \cdot 0,5^{0,75} \cdot 279,4^{-0,15} \cdot 0,795 = 1462,14 \text{ Н}$$

Для осьової сили  $P_x$  [4] :

$$C_p = 339;$$

$$x_{px} = 1,0;$$

$$y_{px} = 0,5;$$

					ДП.ПМ.ФІТА.25.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

$$n_{px} = -0.4;$$

$$k_{\varphi p} = 1.0;$$

$$k_{\gamma p} = 1.0;$$

$$k_{\lambda p} = 1.0;$$

$$k_{rp} = 1.0;$$

$$k_{m.p.} = \left(\frac{\sigma_6}{750}\right)^n = \left(\frac{410}{750}\right)^{0,35} = 0,809$$

$$P_x = 10 \cdot 339 \cdot 2,4^1 \cdot 0,5^{0,5} \cdot 279,4^{-0,04} \cdot 0,809 = 3713,49 \text{ Н}$$

2. Визначаємо необхідну силу кріплення заготовки всіма кулачками:

$$P_3 = \sqrt{P_{3x}^2 + P_{3z}^2} \quad (3.5)$$

$$P_3 = \sqrt{56147.97^2 + 9825.58^2} = 57001.198 \text{ Н}$$

де  $P_{3x}$  - необхідна сила кріплення заготовки в разі врахування дії складової зусилля  $P_x$ ;  $P_{3z}$  - необхідна сила кріплення заготовки в разі врахування дії складової зусилля  $P_z$ .

$$P_3 = \sqrt{56147.97^2 + 9825.58^2} = 57001.198 \text{ Н}$$

Оскільки у виробничих умовах можуть мати місце відступи від тих умов, стосовно яких розраховували за нормативами сили і моменти різання, можливе збільшення їх слід врахувати шляхом введення коефіцієнта надійності (запасу) закріплення  $K$  і множення на нього сил і моментів, які входять у складені рівняння статички:

$$P_{3x} = \frac{P_x \cdot K}{f} \quad (3.6)$$

$$P_{3x} = \frac{3713.49 \cdot 3.024}{0,2} = 56147.97 \text{ Н};$$

					ДП.ПМ.ФІТА.25.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

$$P_{3z} = \frac{K \cdot P_z \cdot L}{0.75 \cdot d \cdot f} \quad (3.7)$$

$$P_{3z} = \frac{3.024 \cdot 1462.14 \cdot 35}{0.75 \cdot 105 \cdot 0.2} = 9825.58 \text{ Н}$$

Значення коефіцієнта надійності  $K$  слід вибирати диференційовано залежно від конкретних умов виконання операцій і способу закріплення заготовки. Його величину можна уявити як добуток часткових коефіцієнтів, кожен з яких відображає вплив певного фактора:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \quad (3.8)$$

де  $K_0$  - гарантований коефіцієнт запасу надійності закріплення;  $K_1$  - коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання через випадкові нерівності на заготовках;  $K_2$ - коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання внаслідок затуплення інструменту;  $K_3$  - коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання під час переривчастого різання;  $K_4$  - коефіцієнт, що враховує мінливість затискного зусилля;  $K_5$ - коефіцієнт, що враховує ступінь зручності розташування рукояток у ручних затискачах;  $K_6$  - коефіцієнт, що враховує невизначеність через нерівності місць;

Величина  $K$  може коливатися в межах 1,5...8,0. Якщо  $K < 2,5$ , то під час розрахунку надійності закріплення її слід прийняти рівною  $K=2,5$

$$K_0 = 1.5 ;$$

$$K_1 = 1.2 ;$$

$$K_2 = 1.4;$$

$$K_3 = 1.2;$$

$$K_4 = 1.0 \text{ – для пневматичних і гідравлічних затискачів};$$

$$K_5 = 1.0 \text{ – у разі зручного розташування та малої довжини рукоятки};$$

					ДП.ПМ.ФІТА.25.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

$K_6 = 1.0$  – для опорного елемента, що має обмежену поверхню контакту із заготівлею;

$$K = 1.5 \cdot 1.2 \cdot 1.4 \cdot 1.2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 3.024$$

Сила зажима одним кулачком:

$$P_{з1} = \frac{P_3}{Z} \quad (3.9)$$

$$P_{з1} = \frac{57001.198}{3} = 19000.399 \text{ Н}$$

де  $Z$  – число кулачків.

4. Визначаємо силу на штоку механізованого приводу:

$$P_{и} = k \cdot P_3 \cdot \left( \frac{f \cdot l_2}{l_3} + \frac{a}{l_3} \right) \cdot \frac{l_1}{l} \quad (3.9)$$

$$P_{и} = 1.1 \cdot 57001.198 \cdot \left( \frac{0.2 \cdot 65}{35} + \frac{50}{35} \right) \cdot \frac{20}{100} = 22572.474 \text{ Н}$$

5. Визначаємо діаметр поршня циліндра:

$$D_{ц} = 1,27 \sqrt{\frac{P_{и}}{p \cdot \eta} + d^2} \quad (3.10)$$

$$D_{ц} = 1,27 \sqrt{\frac{22572.474}{0.6 \cdot 0.85} + 105^2} = 298.611 \text{ мм}$$

де  $p = 0,6$  МПа - давление сжатого воздуха;

$\eta = 0,85 \dots 0,95$  – механічний ККД пневмоциліндра

Приймаємо найближчий більший стандартний розмір поршня пневматичного циліндра, що обертається. Хід поршня (штока) визначається за маркуванням пневмоциліндра.

Вибираємо пневмоциліндр 60 серії з маркуванням 60M2L300A0200

					ДП.ПМ.ФІТА.25.01.ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Де, 60 – Серія; М – стандартний, магнітний, модифікований; 2–  
двухсторонній, 300 – діаметр, А – тип кріплення, 0100 – хід поршня

5. Визначити час спрацьовування пневмоциліндра:

$$T_c = \frac{D \cdot l_x}{d_B^2 \cdot v_B} \quad (3.10)$$

$$T_c = \frac{105 \cdot 2000}{8 \cdot 2000} = 13,1$$

де  $l_x$  - хід поршня (штока), см ;  $d_B$  – діаметр штуцера, см;  $v_B$  – швидкість  
переміщення стисненого повітря, см/с.

$$d_B = 8 \dots 10 \text{ мм};$$

$$v_B = 1500 \dots 2500 \text{ см/с}.$$

### 3.2 Проектування спеціального ріжучого інструменту

Вихідні дані для розрахунку гребінчастої фрези:

розмір і степінь точності різьби М32 – h7, крок різьби не вказано, отже  
приймаємо стандартний крок  $P = 2$ ;

матеріал деталі – сталь 20

#### 3.2.1 Застосування й типи

Різьбові гребінчасті фрези призначено для формування зовнішніх та  
внутрішніх коротких і, здебільшого, гострокутних різьби на спеціалізованих  
різьбофрезерних верстатах, а також на верстатах з ЧПК та обробних центрах, що  
мають програмну функцію гвинтової інтерполяції. За допомогою таких фрез  
нарізають метричні та дюймові різьби з точністю 6...8-го ступенів точності.[9]

Метод фрезерування різьби гребінчастою фрезою демонструє значно вищу  
ефективність у порівнянні зі звичайним нарізанням різьби різцем або мітчиком  
(плашкою). Це ефект досягається за рахунок нарізання різьби відразу по всій  
довжині або на більшій її частині, та уникнення зворотних рухів.[9]

					ДП.ПМ.ФІТА.25.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

Для забезпечення можливості нарізання всіх діаметрів різьби одного кроку однією фрезою, ці фрези проектують із кільцевими витками, котрі мають профіль нарізаної різьби (кут нахилу витка різьби дорівнює нулю). Під час фрезерування вісь оброблюваної заготовки, на якій нарізається різьба з гвинтовими витками, розташовується паралельно до осі фрези з кільцевими витками.

Фрези ефективні для різей із відносно невеликим кроком. У випадком з великими кроками, їхнє використання не є оптимальним рішенням через значні сили різання, що виникають внаслідок одночасної обробки всієї довжини заготовки. З тієї ж причини, фрези важко застосовувати для обробки довгих різей, адже виготовлення довгих фрез супроводжується значними складнощами, зокрема, на етапі термічної обробки.

### 3.2.2 Твердосплавні гребінчасті фрези

Останнім часом у машинобудуванні найшли широке розповсюдження твердосплавні гребінчасті фрези. Вони бувають як монолітні, так і з механічним кріпленням спеціальних непереточуваних пластинок. Працюючи зі швидкостями різання 100...300 м/хв, вони дозволяють значно підвищити продуктивність праці навіть при зменшенні кількості зубів у порівнянні з фрезами зі швидкорізальної сталі.

Для виготовлення різі М32, h7 з кроком  $p = 2$ , приймаємо твердосплавну непереточувану пластинку ТМТ14 І 2 ІСО [10, с. 45], довжиною  $l = 14$  мм.

Для встановлення пластинок приймаємо кінцеву двоперу фрезу ТМТSR 0020 Н14-2 [10, с. 39] та кріпимо їх механічно за допомогою гвинтів S11. Діаметр фрези,  $D = 20$  мм; довжина,  $L = 93$ .

					ДП.ПМ.ФІТА.25.01.ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

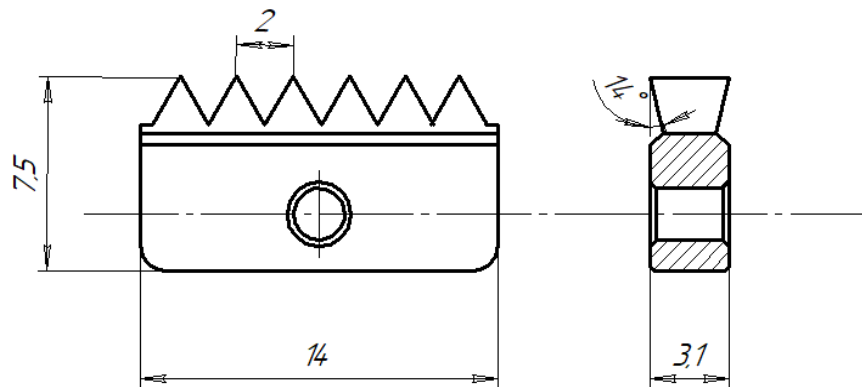


Рис. 3.2 Твердосплавна пластинка

### 3.2.3 Визначення заднього та статичного переднього кутів

При виготовленні пластинки у неї створюється інструментальний передній кут ( $\gamma_i = 12...15^\circ$ ) (рис.3.2), якомога більший, що допускається міцністю пластинки у найбільш слабкому перетині. Приймаємо  $\gamma = 14^\circ$ .

При встановленні пластинки у корпусі фрези вона повертається відносно вершини, щоб забезпечити статичний задній кут фрези  $\alpha \approx 10...16^\circ$  (рис.3.2). При цьому слід слідкувати, щоб неробоча вершина В двосторонньої пластинки (рис.3.1) знаходилась нижче траєкторії руху робочої вершини А. Із простих геометричних побудов видно, що ця умова витримується при співвідношенні:

$$\sin \alpha > \frac{b_{\text{пл}}}{2R_{\text{оф}}} = \sin \alpha > \frac{3,1}{2 \cdot 10} = 0,155 \quad (3.11)$$

Де  $b_{\text{пл}} = 3,1$  мм, взято з каталогу [10], для прийнятої пластинки;

$R_{\text{оф}}$  – радіус фрези,  $R_{\text{оф}} = D/2 = 10$  мм, взято з каталогу для прийнятої фрези (TMTSR 0020 H14-2) [9]

$$\alpha > \arcsin 0,155 = 8,9^\circ \quad (3.12)$$

Приймаємо  $\alpha = 10^\circ$ .

Статичний передній кут фрези зі встановленою пластинкою визначається як:

$$\gamma = \gamma_i - \alpha = 14^\circ - 10^\circ = 4^\circ \quad (3.13)$$

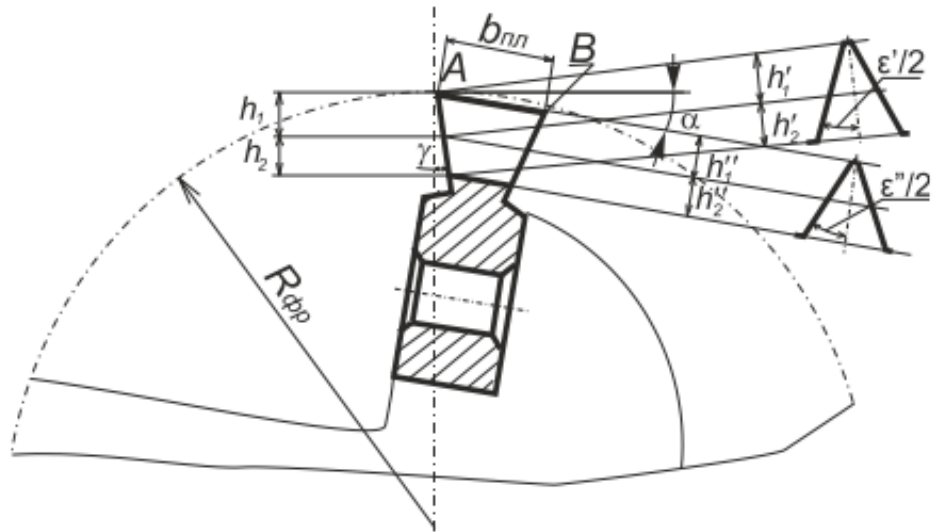


Рис. 3.3 – Схема встановлення твердосплавної непереточуваної пластинки у корпусі гребінчастої фрези

3.2.3 Визначення елементів профілю різі в площині розташування різальних кромки при куті  $\gamma > 0^\circ$

$$\beta_1 = \arcsin \frac{R \cdot \sin \gamma}{R - h_1} = \arcsin \frac{10 \cdot \sin 4^\circ}{10 - 0,576} = 4^\circ 14' \quad (3.14)$$

$$\beta_2 = \arcsin \frac{R \cdot \sin \gamma}{R - (h_1 + h_2)} = \arcsin \frac{10 \cdot \sin 4^\circ}{10 - (0,576 + 0,65)} = 4^\circ 33' \quad (3.15)$$

де  $h_1$  і  $h_2$  - розміри профілю (висота головки і ніжки) різі фрези в осьовому перерізі;

$$h_1 = 0,216 \cdot P + J = 0,216 \cdot 2 + 0,144 = 0,576 \text{ мм} \quad (3.16)$$

$$h_2 = 0,325 \cdot P = 0,325 \cdot 2 = 0,65 \text{ мм} \quad (3.17)$$

де  $P$  - крок різі;

$J$  — допуск на зношування,

$$J = 0,072 \cdot P = 0,072 \cdot 2 = 0,144 \text{ мм.} \quad (3.18)$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

Звідси величини  $h_1'$ ,  $h_2'$  і половина кута профілю  $\varepsilon'$  (див. рис. 3.2) у передній площині фрези визначаються за формулами:

$$h_1' = \frac{(R - h_1) \cdot \sin(\beta_1 - \gamma)}{\sin\gamma} \quad (3.19)$$

$$h_2' = \frac{[R - (h_1 + h_2)] \cdot \sin(\beta_2 - \beta_1)}{\sin\beta_1} \quad (3.20)$$

$$h_1' = \frac{(10 - 0,576) \cdot \sin(4^\circ 14' - 4^\circ)}{\sin 4} = 0,55$$

$$h_2' = \frac{[10 - (0,576 + 0,65)] \cdot \sin(4^\circ 33' - 4^\circ 14')}{\sin 4^\circ 14'} = 0,657$$

$$tg \frac{\varepsilon'}{2} = tg \frac{\varepsilon}{2} \cdot \frac{(h_1 + h_2) \cdot \sin\gamma}{[R - (h_1 + h_2)] \cdot \sin(\beta_2 - \gamma)} \quad (3.21)$$

$$tg \frac{\varepsilon'}{2} = tg \frac{60^\circ}{2} \cdot \frac{(0,576 + 0,65) \cdot \sin 4^\circ}{[10 - (0,576 + 0,65)] \cdot \sin(4^\circ 33' - 4^\circ)} = 0,586$$

Висота головки, ніжки та кут різьбового профілю в осьовій площині та у площині передньої поверхні забезпечуються виготовленням непереточуваної пластинки із відповідним профілем різи. Для цього необхідно знати висоту головки  $h_1''$ , ніжки  $h_2''$  та половину кута різьбового профілю  $\varepsilon''$  у площині, перпендикулярній до задньої поверхні пластинки. Із очевидних геометричних побудов їх значення розраховуються за формулами:

$$h_1'' = h_1' \cdot \cos\gamma_i = 0,55 \cdot 14^\circ = 0,534 \quad (3.23)$$

$$h_2'' = h_2' \cdot \cos\gamma_i = 0,657 \cdot 14^\circ = 0,637 \quad (3.24)$$

$$tg \frac{\varepsilon''}{2} = tg \frac{\varepsilon'}{2} \cdot \frac{(h_1' + h_2')}{(h_1'' + h_2'')} = 0,586 \cdot \frac{(0,55 + 0,657)}{(0,534 + 0,637)} = 0,604 \quad (3.25)$$



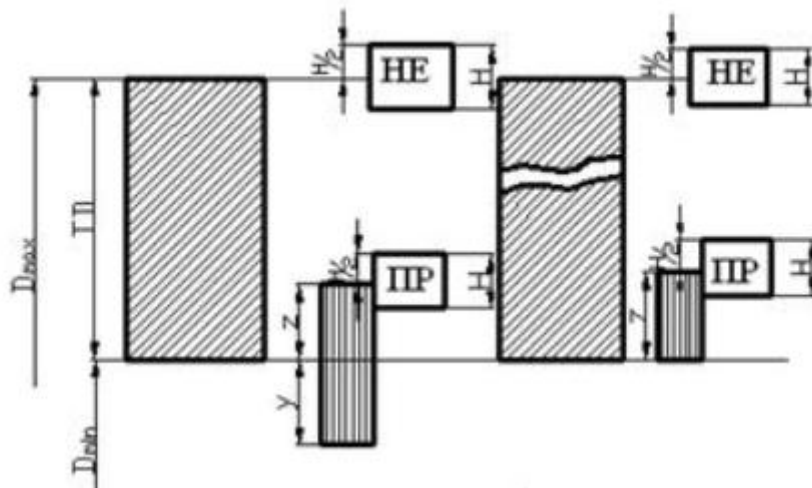
Знаходимо граничні розміри валу за формулами:

$$d_{max} \equiv d \pm e_s \quad (3.28)$$

$$d_{max} = 90 + 0 = 90 \text{ мкм}$$

$$d_{min} = 90 + (-0.035) = 89.965 \text{ мкм}$$

Для розмірів у межах від 80 до 120 мм та 7-го квалітету слід знайти інформацію для розрахунку характеристик необхідних калібрів та конгркалібрів :



- $Z_1 = 0.005$  мм – зсув середини поля допуску, що використовується для створення прохідного калібру для валу відносно найбільшого граничного розміру деталі; [12]
- $Y_1 = 0.004$  мм – допустиме відхилення розміру зношеного прохідного калібру для валу за межі поля допуску деталі; [12]
- $H_1 = 0.006$  мм – допуск на виготовлення калібрів для валу; [12]
- $H_p = 0,0025$  мм – допуск на виготовлення контрольного калібру для скоби. [12]

Визначення розмірів калібру-скоби здійснюється у такий спосіб:

- 1) мінімальний розмір прохідного нового калібру-скоби ПР обчислюємо за формулою:

$$ПР_{\min} = d_{\min} - z_1 - \frac{H_1}{2} \quad (3.29)$$

$$ПР_{\min} = 89.965 - 0.005 - 0.003 = 89.957 \text{ (мм)}.$$

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

$$НЕ_{\min} = d_{\min} - \frac{H_1}{2} \quad (3.30)$$

$$НЕ_{\min} = 89.965 - 0.003 = 89.962 \text{ (мм)}.$$

3) граничний розмір зношеної скоби – калібру ПР визначимо за формулою:

$$ПР_{\text{знос}} = d_{\max} + Y_1 \quad (3.31)$$

$$ПР_{\text{знос}} = d_{\max} + Y_1 = 90 + 0.004 = 90.004 \text{ (мм)}$$

					ДП.ПМ.ФІТА.25.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 4.1 Загальні вимоги безпеки під час роботи на токарних верстатах [13]

Робота на токарних верстатах вимагає особливої уваги та дотримання правил безпеки, оскільки неправильне поводження може призвести до серйозних травм. Ось ключові вимоги, які необхідно пам'ятати:

#### Перед початком роботи

- Переконайтеся, що на вас немає вільного одягу, прикрас, довгих рукавів або будь-яких предметів, які можуть бути захоплені обертовими частинами верстата. Довге волосся обов'язково має бути зібране під головний убір. Використовуйте засоби індивідуального захисту (ЗІЗ): захисні окуляри або щиток, спецодяг, за потреби – рукавички (але ніколи не працюйте в рукавичках поблизу обертових частин).
- Упевніться, що верстат, його вузли та механізми справні, а також що захисні пристрої (огородження патрона, ремінної передачі тощо) встановлені та функціонують належним чином. Перевірте наявність і справність інструменту, пристроїв для встановлення та кріплення заготовок.
- Робоче місце має бути чистим, добре освітленим. Приберіть усі зайві предмети, які можуть заважати роботі або призвести до падіння.

#### Під час роботи

- Перед початком обробки перевірте надійність кріплення заготовки в патроні або центрах. Заготовка повинна бути встановлена таким чином, щоб її вага була рівномірно розподілена, а виліт не перевищував допустимих значень.
- Обирайте режими різання відповідно до матеріалу заготовки, типу інструменту та характеру виконуваної операції. Уникайте надмірних режимів, які можуть призвести до вібрації, поломки інструменту або вильоту заготовки.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

- Ніколи не видаляйте стружку руками, особливо під час роботи верстата. Використовуйте для цього спеціальні гачки, щітки або інші пристосування. Довга стружка може бути дуже небезпечною.
- Вимірювання заготовки дозволяється проводити тільки після повної зупинки верстата.
- Ніколи не залишайте працюючий верстат без нагляду.

Після закінчення роботи

- Після завершення роботи повністю зупиніть верстат, вимкніть його від електромережі.
- Ретельно очистіть верстат від стружки та бруду. Пам'ятайте, що стружка може бути гарячою та гострою.
- Приберіть інструменти та пристосування на свої місця.
- Якщо ви передаєте верстат іншому працівнику, повідомте його про всі особливості роботи, несправності або проблеми, які ви помітили.

#### 4.2 Загальні вимоги безпеки до експлуатації токарних верстатів [14]

Токарні верстати з ЧПК HAAS створені для різання та надання форми металам та іншим міцним речовинам. Вони зроблені для звичайних виробничих задач. Список всіх цих матеріалів та типів обробки, звісно, не буде повним. Майже всі операції обробки та формування виконуються за допомогою інструменту, що обертається в шпинделі. Інструменти закріплені на револьверній головці. Рідка охолоджуюча рідина потрібна для деяких процесів обробки. Ця охолоджуюча рідина розрізняється в залежності від типу обробки.

Операції на токарних верстатах HAAS поділяються на три категорії. А саме: експлуатація, технічне обслуговування та сервіс. Експлуатація та технічне обслуговування мають виконуватись навченим та досвідченим оператором верстата. Ця інструкція з експлуатації містить певну інформацію, необхідну для роботи з верстатом.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

Експлуатація даного верстата складається з:

1. Налаштування верстата

Налаштування верстата здійснюється для попередньої підготовки інструментів, зсувів та пристроїв, необхідних для виконання повторюваної функції, яка згодом буде визначатись як робота верстата. Певні налаштування верстата можуть проводитись з відкритими дверцятами. Однак вони обмежені використанням кнопки утримання.

2. Робота верстата в автоматичному режимі

Автоматична робота починається натисканням кнопки старту циклу і можлива тільки при закритих дверцятах.

3. Завантаження та вивантаження матеріалу (деталей) оператором

Перед автоматичною роботою деталі необхідно завантажити та вивантажити після завершення. Це повинно виконуватись при відкритих дверцятах, що призводить до зупинки всіх автоматичних рухів верстата.

4. Завантаження та вивантаження ріжучого інструменту оператором

Заміна інструментів відбувається рідше, ніж налаштування. Це зазвичай потрібно, коли інструмент зношений і потребує заміни.

Технічне обслуговування складається лише з:

1. Долив охолоджувальної рідини та підтримка стану охолоджувальної рідини

Необхідно доливати охолоджувальну рідину з регулярними проміжками часу, а також перевіряти та коригувати її концентрацію. Це звичайна функція оператора, яка виконується або з безпечного місця поза робочою зоною, або з відкритими дверима і зупиненим верстатом.

2. Заправка мастильних матеріалів

Масило для шпинделя та осей необхідно доливати з певними інтервалами часу. Ці інтервали можуть тривати місяці чи роки. Це звичайна функція оператора, яка завжди виконується з безпечного місця поза робочою зоною.

3. Видалення стружки з верстата

					ДП.ПМ.ФІТА.25.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

Інтервали, з якою треба прибирати стружку, залежать від типу виконуваної обробки. Це звичайна функція оператора. Операція проводиться з відкритими дверцятами та повною зупинкою верстата.

#### 4.3 Пожежна безпека на машинобудівній дільниці

Забезпечення пожежної безпеки на машинобудівній дільниці є однією з найважливіших умов збереження життя та здоров'я працівників, а також матеріальних цінностей підприємства. Специфіка машинобудівного виробництва, що включає використання легкозаймистих матеріалів (мастил, палива, розчинників), виділення горючої стружки, наявність електрообладнання та проведення вогневих робіт, створює підвищений ризик виникнення пожеж.

Вимоги до пожежної безпеки регулюються низкою нормативно-правових актів України, дотримання яких є обов'язковим для всіх суб'єктів господарювання.

Основні причини та фактори пожежної небезпеки

- На машинобудівних дільницях основними причинами пожеж можуть бути:
- Несправність електрообладнання та електромереж.
- Порушення правил проведення вогневих робіт без належного контролю та заходів безпеки.
- Накопичення горючих матеріалів
- Порушення режимів роботи технологічного обладнання, що призводить до перегріву.
- Необережне поводження з вогнем (куріння у невідведених місцях).
- Відсутність або несправність первинних засобів пожежогасіння та систем пожежної сигналізації.

#### 4.4 Заходи пожежної безпеки

Для попередження пожеж та мінімізації їх наслідків на машинобудівній дільниці необхідно впроваджувати комплекс організаційних та технічних заходів:

					ДП.ПМ.ФІТА.25.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

Організаційні заходи:

- Розробка та затвердження інструкцій з пожежної безпеки для всіх працівників та для окремих видів робіт [15, 16].
- Проведення інструктажів з пожежної безпеки (вступних, первинних, повторних, позапланових, цільових) та перевірка знань працівників [15,16].
- Призначення відповідальних осіб за пожежну безпеку на ділянці та контроль за їх діяльністю [15].
- Розробка планів евакуації людей та матеріальних цінностей у разі пожежі, з чітким визначенням шляхів евакуації та місць збору [15, 17].
- Організація регулярних перевірок стану пожежної безпеки на ділянці [15].

Технічні заходи:

- Утримання електроустановок та електромереж у справному стані, регулярний контроль за їх ізоляцією, заземленням. Заборона використання несправних електроприладів та тимчасових електропроводок [15, 18].
- Належне зберігання горючих матеріалів: мастила, розчинники та інші легкозаймисті рідини повинні зберігатися у спеціальних, герметично закритих ємностях, у відведених місцях, що відповідають нормам пожежної безпеки [15,16]. Промаслені обтиральні матеріали збираються у металеві ящики з кришками та регулярно вивозяться для утилізації [15].
- Облаштування та утримання первинних засобів пожежогасіння: ділянка має бути оснащена необхідною кількістю вогнегасників (вуглекислотних, порошкових), пожежними щитами з піском, лопатами, відрами, пожежними рукавами та гідрантами. Необхідно забезпечити вільний доступ до них та регулярно перевіряти їх справність та терміни придатності [15, 19].
- Встановлення систем пожежної сигналізації та оповіщення про пожежу, а також, за потреби, систем автоматичного пожежогасіння [15, 20].
- Утримання у належному стані шляхів евакуації: вони повинні бути вільними, незахаращеними, а евакуаційні виходи – завжди відчиненими або такими, що легко відчиняються зсередини [15, 17].

- Контроль за проведенням вогневих робіт: зварювальні та інші вогневі роботи повинні проводитися тільки після оформлення наряду-допуску, з використанням засобів захисту, забезпеченням місця проведення робіт первинними засобами пожежогасіння та постійним контролем [15, 16].
- Регулярне прибирання робочих місць від горючої стружки та відходів виробництва [15].
- Заборона куріння у невідведених місцях та розміщення знаків пожежної безпеки [15]

					ДП.ПМ.ФІТА.25.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

## ВИСНОВКИ

У цій кваліфікаційній роботі було успішно розроблено технологічний процес механічної обробки деталі «Фланець ДА 3032-317.401», що відповідає сучасним вимогам до ефективності виробництва та забезпеченню високої якості. Особливий акцент зроблено на використанні верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК), що значно сприяло оптимізації виробничих операцій.

В процесі дослідження було здійснено ретельний аналіз конструкції деталі, оцінено її технологічність, а також ідентифіковано та усунуено недоліки існуючого базового технологічного процесу. Завдяки корегуванню маршруту механічної обробки та впровадженню ЧПК верстатів на токарних і свердлильних операціях, вдалося суттєво зменшити час обробки та допоміжний час, що стало ключовим фактором збільшення продуктивності.

Техніко-економічне обґрунтування, яке було проведене раніше, засвідчило доцільність використання прокату для отримання заготовки. Це дозволило значно знизити вартість виготовлення деталі у порівнянні з методом поковки. Визначено оптимальні припуски для подальшої обробки, а також розраховано та затверджено режими різання, відповідно до наявного обладнання та інструментарію. Здійснено технічне нормування операцій технологічного процесу.

У конструкторській частині дипломної роботи розроблено пристрій для верстата, що призначений для чіткого встановлення та фіксації заготівлі під час обточування. Для створення надійної сили фіксації в пристрої використано трикулачковий самоцентрувальний патрон. Додатково розроблено спеціальний ріжучий інструмент, який дає змогу нарізати різьбу із потрібним кроком, а також калібр-скобу для перевірки розміру поверхні  $\varnothing 90h7$ , що гарантує високу точність виготовлення.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Добрянський С.С, Фролов В.К, Малафєєв Ю.М. – Технологія машинобудування. Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи / Київ: НТУУ "КПІ", 2012.
2. Технологія машинобудування. Посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт: Навчальний посібник / І. І. Юрчишин, та ін. / За ред. І. І. Юрчишина. - Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2009. 528 с.
3. Горизонтально-токарний верстат HAAS ST-10Y  
<https://abplanalp.ua/ru/stanok-gorizontalno-tokarnyj-haas-st-10y>
4. ДОВІДКОВІ ДАНІ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ ДЛЯ ОСНОВНИХ МЕТОДІВ ОБРОБЛЕННЯ АНАЛІТИЧНИМ МЕТОДОМ/Мазур М.П.- Хмельницький: ХНУ, 2025. – 65с.
5. Косилова А.Г., Мещеряков Р.К., Калинин М.К. точность механической обработки, заготовки и припуски в машиностроении - М.: Машиностроение, 1977. – 288 с.
6. Технологія машинобудування. Практичні та лабораторні роботи: Навчально-методичний посібник / Н.О. Балицька, Л.Є. Глембоцька, О.А. Громовий, В.М. Колеснік, Г.П. Кремнєв, О.Л. Мельник, П.П. Мельничук, В.М. Ночвай, О.М. Пилипенко, Л.Г. Полонський, В.А. Яновський. – Житомир: «Житомирська політехніка», 2023. – 171 с.
7. Горбатюк Є.О., Мазур М.П., Зенкін А.С., Каразей В.Д. Технологія машинобудування: Навчальний посібник - Львів: "Новий Світ - 2000 " , 2012 . - 358 с.
8. Проектування технологічних процесів. Частина 1. Оброблення деталей-тіл обертання : навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка», спеціалізацій «Технології машинобудування» та «Технології виготовлення літальних апаратів» / Біланенко В.Г., Приходько В.П., Мельник О.О.; КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 232 с.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72



18. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. Затверджено наказом Держнаглядохоронпраці від 09.01.1998 № 4. [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0093-98#Text>
19. ДСТУ EN 3-7:2014 (EN 3-7:2004+A1:2007, IDT) Переносні вогнегасники. Частина 7. Характеристики, вимоги до робочих характеристик і методи випробування. (або актуальна версія ДСТУ щодо вогнегасників). [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: (пошук на сайті ДСТУ або в спеціалізованих базах даних)
20. ДБН В.2.5-56:2014 Системи протипожежного захисту. [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: (пошук на сайті ДБН або в спеціалізованих базах даних)

					ДП.ПМ.ФІТА.25.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74