

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»
Механіко-машинобудівний

(факультет)

Кафедра технологій машинобудування та матеріалознавства
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА кваліфікаційної роботи
ступеню магістра
(бакалавра, спеціаліста, магістра)








студентки Кулідобрової Олени Валеріївни
(ПІБ)

академічної групи 131М-19Н-1 ММФ
(шифр)

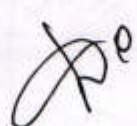
спеціальності 131 Прикладна механіка
(код і назва спеціальності)

спеціалізації _____
за освітньо-науковою програмою «Наскрізний інжиніринг
машинобудівного виробництва»
(офіційна назва)

на тему: «Дослідження методами моделювання у САМ-системі
технологічного процесу механічної обробки деталі «Гільза»»
(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
Кваліфікаційної роботи	Пацера С.Т.	90	відмінно	
розділів:				
Аналітичний	Пацера С.Т.	92	відмінно	
Технологічний	Пацера С.Т.	91	відмінно	
Спеціальний	Пацера С.Т.	90	відмінно	
Науково-дослідницький	Пацера С.Т.	87	добре	
Рецензент	Федоскіна О.В.	90	відмінно	
Нормоконтролер	Проців В.В.	90	відмінно	

Дніпро
2021

Захищено


ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувач кафедри
технологій машинобудування та матеріалознавства
(повна назва)

професор  В.В. Проців
(підпис) (прізвище, ініціали)

«02» 02 2021 року

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу

ступеню магістра

(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студентці Кулідобровій Олені Валеріївні

(прізвище та ініціали)

академічної групи 131М-19Н-1

(шифр)

спеціальності 131 Прикладна механіка

спеціалізації _____

за освітньо-професійною програмою «Наскрізний інжиніринг
машинобудівного виробництва»

на тему: «Дослідження методами моделювання у САМ-системі

технологічного процесу механічної обробки деталі «Гільза»»

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від
21.03.2021 за № 259-с

Розділ	Зміст	Термін виконання
Аналітичний	Аналіз і характеристики матеріалу, оцінка технологічності деталі «Гільза»	01.01.21
Технологічний	Опрацювання детальної технології механічної обробки деталі «Гільза». Розроблення комплексу технологічної документації	28.02.21
Спеціальний	Проект шліцьової протяжки	17.04.21
Науково-дослідницький	Дослідження методами моделювання у САМ-системі технологічного процесу механічної обробки деталі «Гільза» з використанням вбудованої бази даних різального інструменту та режимів різання»	06.05.21

Завдання видано


(підпис керівника)

С.Т. Пацера
(прізвище, ініціали)

Дата видачі 8 березня 2021 р.

Дата подання до екзаменаційної комісії 15 травня 2021 р.

Прийнято до виконання


(підпис студента)

Кулідоброва О.В.
(прізвище, ініціали)

Реферат

Пояснювальна записка: с. 67, 22 рис., 34 табл., 16 джерел.

Тема: «Дослідження методами моделювання у САМ-системі технологічного процесу механічної обробки деталі «Гільза».

Об'єкт дослідження – процеси механічної обробки деталі «Гільза» зі сталі Х12Ф1.

Предмет дослідження – основний час обробки деталі «Гільза» на верстатному обладнанні з ЧПК.

Метою кваліфікаційної роботи є підвищення якості обробки складних деталей на базі комп'ютерного проектування та моделювання технологічних процесів.

Методика досліджень – комп'ютерне моделювання операцій на основі САМ-програми *FeatureCAM Ultimate 2021*.

Результат роботи – визначено, що проектування та комп'ютерне моделювання технологічних процесів механічної обробки є невід'ємним етапом створення якісної продукції.

Наукова новизна кваліфікаційної роботи – аналіз сучасних можливостей технологій в машинобудуванні та моделювання у сучасній САМ-системі.

Практична цінність – обґрунтовано вимоги до точності розмірів, форми, взаємного розташування і шорсткості поверхонь деталі, запропоновано метод одержання заготовки, здійснено вибір металорізального верстату і пристроїв, розроблені технологічні карти операцій обробки.

Ключові слова: ВЕРСТАТ З ЧПК, ГІЛЬЗА, ПРОТЯЖКА, ПЛУНЖЕР, САМ-СИСТЕМА, FEATURECAM

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ.....	8
1.1 Конструктивні та технологічні особливості деталі «Гільза».....	8
1.2 Области застосування високонапірних плунжерних насосів.....	10
1.3 Аналіз технологічності деталі Гільза.....	11
1.4 Марки матеріалів для виготовлення заданої деталі та їх особливі.....	11
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	13
2.1 Вибір заготовки.....	13
2.2 Вибір методів обробки поверхонь.....	14
2.3 Вибір верстатів з ЧПК.....	15
2.4 Розробка маршруту обробки деталі Гільза.....	18
2.5 Вибір інструмента.....	18
2.6 Вибір вимірювального інструмента.....	23
2.7 Вибір режимів різання.....	26
2.8 Розрахунок технічних норм часу.....	28
3 СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ.....	30
3.1. Розрахунок фасочних зубців.....	30
3.1.1. Припуск на фасочні зубці.....	30
3.1.2. Підйом на зуб.....	31
3.1.3. Глибина стружкової канавки.....	31
3.1.4. Визначення розмірів фасочних зубців.....	31
3.2. Розрахунок шліцьових зубців.....	32
3.2.1. Припуск на шліцьові зубці.....	32
3.2.2. Підйом на зуб.....	32
3.2.3 Попередній крок і максимальне число одночасно працюючих зубів.....	32
3.2.4 Геометричні параметри ріжучих та калібруючих зубців.....	33
3.2.5 Розміри стружкової канавки.....	34
3.2.6 Розрахунок на міцність.....	34
3.2.7 Визначення діаметрів чорнових шліцьових зубців.....	35
3.3. Розрахунок круглих зубців.....	38
3.3.1. Припуск на круглі зубці.....	38
3.3.2. Підйом на зуб.....	38
3.3.3. Глибина стружкової канавки та перевірка умов міцності протяжки.....	39
3.3.4. Попередній крок та максимальне число одночасно працюючих зубців.....	39
3.3.5. Геометричні параметри ріжучих та калібруючих зубців.....	40
3.3.6. Розміри передньої направляючої та хвостовика.....	40
3.3.7. Визначення профілю та розмірів чорнових зубців в осьовому перетині.....	41
3.3.8. Розрахунок на міцність.....	42
3.3.9 Визначення профілю та розмірів ріжучих зубців в осьовому перетині.....	43
3.3.10 Калібруючі зубці.....	45
3.4 Визначення загальної довжини протяжки.....	46

4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ	47
4.1 Дослідження методами моделювання у	47
САМ-системі технологічного процесу механічної обробки деталі «Гільза» ..	47
4.1.1. Загальна інформація про компанію <i>Delcam, Autodesk</i> та програму <i>FeatureCAM Ultimate 2021</i>	47
4.2 Моделювання механічної обробки деталі «Гільза» у програмі FeatureCAM Ultimate 2021	50
4.2.1 Розробка технологічних операцій обробки деталі Гільза і керуючої програми в середовищі FeatureCAM	50
4.2.2 Отримання коду КП з програми FeatureCAM	58
Загальні висновки	61
Перелік посилань	62
ДОДАТКИ	64

Вступ

Людське суспільство постійно відчуває потреби в нових видах продукції, або в скороченні витрат праці при виробництві основної продукції. У загальних випадках ці потреби можуть бути задоволені тільки за допомогою нових технологічних процесів і нових машин, необхідних для їх виконання. Отже, стимулом до створення нової машини завжди є новий технологічний процес, можливість якого залежить від рівня наукового і технічного розвитку людського суспільства. Шлях створення машини складний. Задум до створення, виражається у вигляді формування службового призначення машини, що є вихідним документом в проектуванні машини. Для виготовлення спроектованої машини розробляється технологічний процес і на його основі створюється виробничий процес, в результаті якого виходить машина, потрібна для виконання технологічного процесу виготовлення продукції та задоволення потреби, що існує. Машина корисна лише в тому випадку, якщо вона володіє належною якістю, тобто здатністю задовольнити потреби необхідні для її створення. [1]

Створюючи машину, людина вирішує дві задачі:

- 1) зробити машину якісною й забезпечити економію праці в отриманні виробленої з її допомогою продукцією;
- 2) затратити меншу кількість праці в процесі створення і забезпечення якості самої машини. [1]

Виробничий процес виготовлення машин є системою зв'язку властивостей матеріалів, розмірних, інформаційних, тимчасових і економічних. Технологія машинобудування досліджує ці зв'язки з метою вирішення завдань забезпечення, в процесі виробництва, необхідної якості машини, найменшої собівартості і підвищення продуктивності праці. [1]

На машинобудівних заводах успішне впровадження нової техніки залежить від ступеня його оснащення сучасним технологічним оснащенням. Для всіх видів технологічної оснастки характерна наявність значної кількості деталей, форми різної складності. Більшість деталей в процесі виготовлення обробляється різними способами: механічною, термічною, електрохімічною обробками. Продуктивність процесу обробки залежить від режимів різання (швидкості, глибини, подачі), матеріалу ріжучої частини інструменту та його конструкції (геометричних параметрів, лез інструмента і т.д.). В проекті для розрахунку режимів різання застосовується аналітичний метод. [1]

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Конструктивні та технологічні особливості деталі «Гільза»

У сучасному машинобудуванні більшість машин складається зі складальних одиниць (вузлів) і механізмів. Деталь «Гільза» входить до складу плунжерного насоса. Плунжерні насоси є надійними високонапірними насосами і часто застосовуються в промисловості, наприклад для очищення, а також для реалізації процесів хімічної промисловості. Витіснювальні насоси можуть працювати як з малою, так і з великою подачею, а також з різними ступенями тиску. Вони перекачують всі рідкі середовища: воду, масла, зріджені гази - в широкому температурному діапазоні [2].

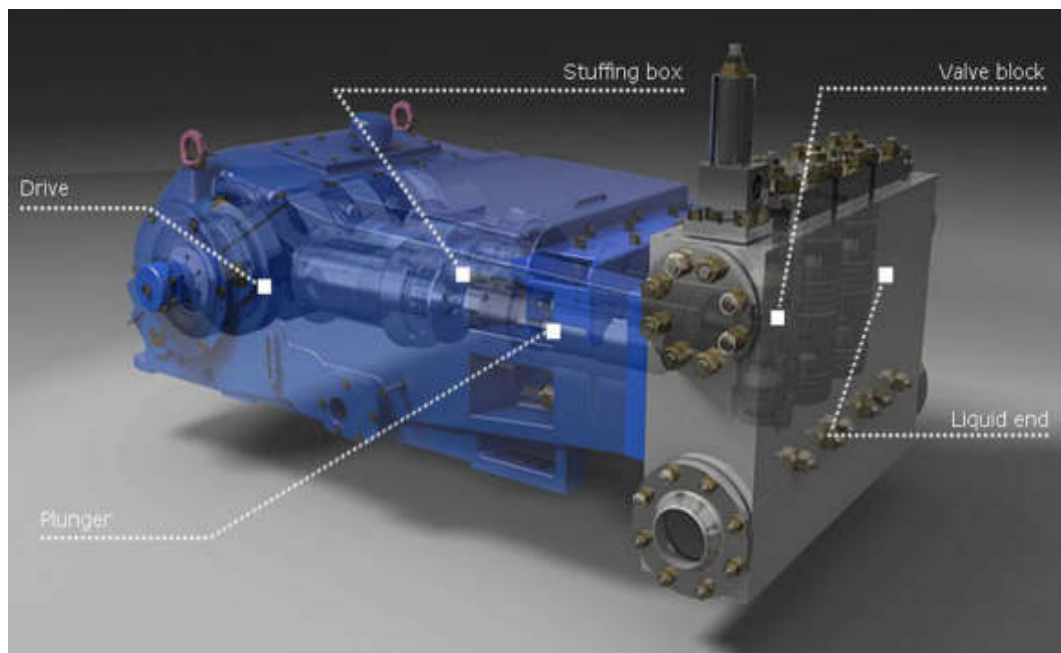


Рисунок 1.1 - Будова плунжерного насосу фірми URACA (Німеччина) [2]

Зворотно-поступальні плунжерні насоси без проблем перекачують і абразивні середовища (наприклад, суспензії миючих засобів та вугільну пульпу) на різних ступенях тиску [2].

На відміну від поршневого насоса, ущільнення плунжерного насоса не переміщається разом з поршнем, а жорстко змонтовано в сальнику. При

переміщенні назад плунжер створює всмоктуючий ефект в гідравлічній частині і відкриває всмоктуючий клапан. Серед вступників до гідравлічну частину. Потім плунжер переміщається вперед. Своїм власним обсягом плунжер витісняє наявний обсяг і підвищує тиск рідини. Всмоктуючий клапан закривається, і напірний клапан відкриває рідини, що знаходиться під тиском, шлях в технологічну зону [2].

Зворотно-поступальний рух плунжера безперервно повторюється, відкриваючи й закриваючи клапани. Залежно від застосування цикли повторюються до декількох сотень разів на хвилину. Щоб потік рідини не переміщався поштовхами, з боку всмоктування і з боку напору встановлено поглиначі коливань, що забезпечують рівномірний потік і зменшують пульсацію. Для збільшення подачі і забезпечення більш рівномірного переміщення потоку в один насос можна встановити кілька плунжерів. В цьому випадку плунжери через одну напірну трубу живлять весь технологічний зону насоса. Кількість плунжерів в насосі варіює залежно від його конструкції і призначення [2].

Плунжери мають гідравлічний привід або наводяться від колінвалу з шатуном і повзунами. При наявності декількох плунжерів кутові положення на колінвалі можна розподілити так, щоб піки тиску в насосі виникали з деяким часовим інтервалом [2].

Плунжерний насос складається з двох частин: Приводна частина - перетворює обертальний рух приводного двигуна в коливальний зворотно-поступальний рух плунжера. Цю функцію виконують колінчастий вал, шатун і повзуни. З повзунами з'єднані плунжери, які через сальники введені в гідравлічну частину насоса. Приводні двигуни можуть бути електричними або двигунами внутрішнього згорання. Також можуть використовуватися гідравлічні приводи. Щоб витримати безперервну експлуатацію в екстремальних умовах, приводний частина повинна бути виготовлена з міцного литого матеріалу [2].

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Вибір заготовки

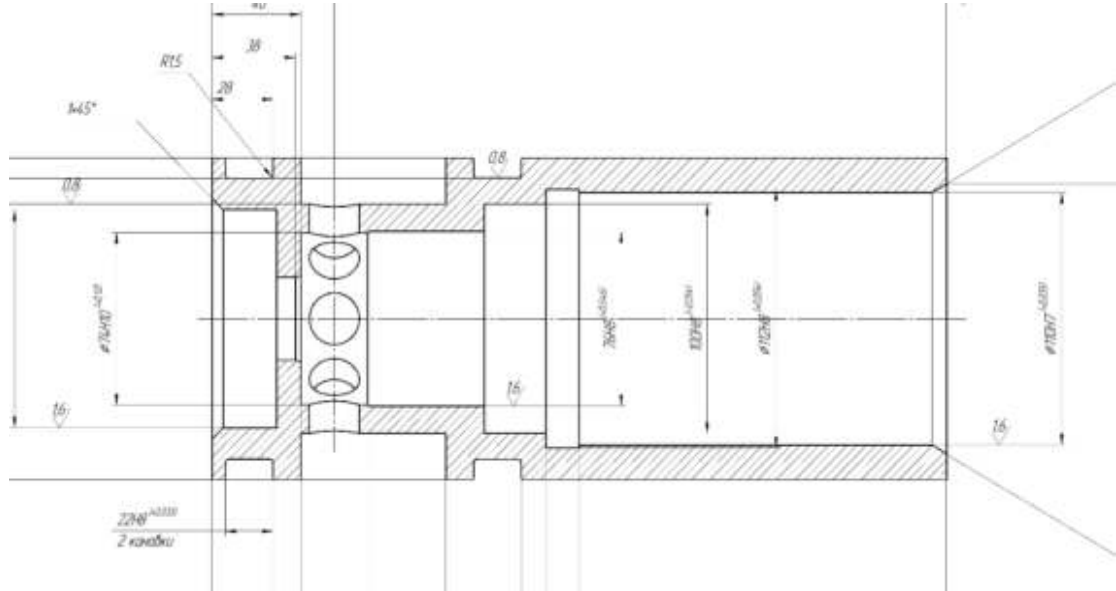


Рисунок 2.1 – Фрагмент кресленника деталі «Гільза»

Матеріал, з якого виготовляється деталь - сталь інструментальна легована Х12Ф1. У якості заготовки застосовується гарячекатаний прокат нормальної точності за ГОСТ 2590-88 [3], що є доцільним в умовах малосерійного виробництва. Оскільки зовнішній діаметр 140 мм, шорсткість на поверхні Ra 6,3 мкм, призначається припуск на кожную сторону в розмірі 2 мм, так як виконується механічна обробка. Для виготовлення «Гільзи» вибрано круг перетином 145 мм.

Таблиця 2.1 - Параметри прокату за стандартом ГОСТ 2590-88 [3].

Номінальний діаметр d , мм	Граничні відхилення, (мм) при точності прокату			Площа поперечного перерізу, см ²	Маса 1 м довжини прокату, кг
	A1	B1	B1		
145	-	+0,6 -2,0	+0,8 -2,0	165,10	129,60

З цього маємо таке позначення гарячекатаного прокату нормальної точності зі сталі Х12Ф1 [3]:

Круг $\frac{145\text{-В ГОСТ 2590-88}}{\text{Сталь Х12Ф1 ГОСТ 5950-2000}}$

2.2 Вибір методів обробки поверхонь

При розробці маршруту виготовлення деталі орієнтуємося на вигляд заготовки та її точність. Кількість технологічних операцій, їх концентрація буде визначатися методами обробки поверхонь, які призначені виходячи з необхідного квалітету, розміру і параметра шорсткості. Перелік оброблюваних поверхонь і методи обробки, які забезпечують виконання вимог креслення, наведені в таблиці 2.1:

Таблиця 2.1 – Перелік оброблюваних поверхонь

Вид поверхні, розмір, мм	Квалітет	Ra, мкм	Метод обробки поверхні
Торцеві поверхні 140	10	3,2	Точіння однократне
Зовнішня $\varnothing 140h7_{(-0,04)}$	7	0,8	Точіння чорнове Точіння чистове Точіння тонке
Зовнішня $\varnothing 122$ (2 канавки)	10	3,2	Точіння однократне
Зовнішня $\varnothing 100h10_{(-0,14)}$	10	3,2	Точіння однократне
Внутрішня $\varnothing 94H8^{(+0,054)}$ Внутрішня $\varnothing 76H8^{(+0,046)}$	8	1,6	Розточування чорнове Розточування чистове Розточування тонке
Фаска $\varnothing 105$ 1x45°	-	6,3	Розточування однократне
Шліцьовий отвір D – 8 × 32 × 36H7 × 6E7	9	3,2	Свердління Протягування
Отвір $\varnothing 22$ 8шт.	10	6,3	Свердління
Внутрішня $\varnothing 110H7^{(+0,035)}$	7	1,6	Свердління Розточування чорнове Розточування чистове Розточування тонке
Внутрішня $\varnothing 112$ Внутрішня $\varnothing 74$	10	3,2	Розточування однократне

Вид поверхні, розмір, мм	Квалітет	Ra, мкм	Метод обробки поверхні
Внутрішня $\varnothing 100H8^{(+0,054)}$	9	1,6	Розточування чорнове Розточування чистове
Фаска $\varnothing 116 2 \times 60^\circ$	-	6,3	Розточування однократне

2.3 Вибір верстатів з ЧПК

Для механічної обробки деталі «Гільза» вибрано токарний верстат з подвійним шпинделем DOOSAN (Південна Корея) моделі PUMA TW2600 / M показаний на рис.2.2.



Рисунок 2.2 – Загальний вигляд верстату з двома шпинделями моделі DOOSAN серії PUMA TW2600 / M [5]

Серія верстатів даного модельного ряду з порталними завантажувачами створена для роботи в повністю автоматичному режимі, від завантаження заготовки до вивантаження повністю обробленої деталі. Ця серія токарних центрів оснащена двома шпинделями з фронтальним завантаженням деталей. Ця серія має подвійну продуктивність в порівнянні з одношпиндельними моделями, при цьому центр обслуговується одним оператором [5].

2.6 Вибір вимірювального інструмента

Для контролю розмірів деталі після операцій використовуються такі вимірювальні інструменти:

Штангенциркуль для зовнішніх поверхонь ШЦ-III [8] показано на рис.2.12:

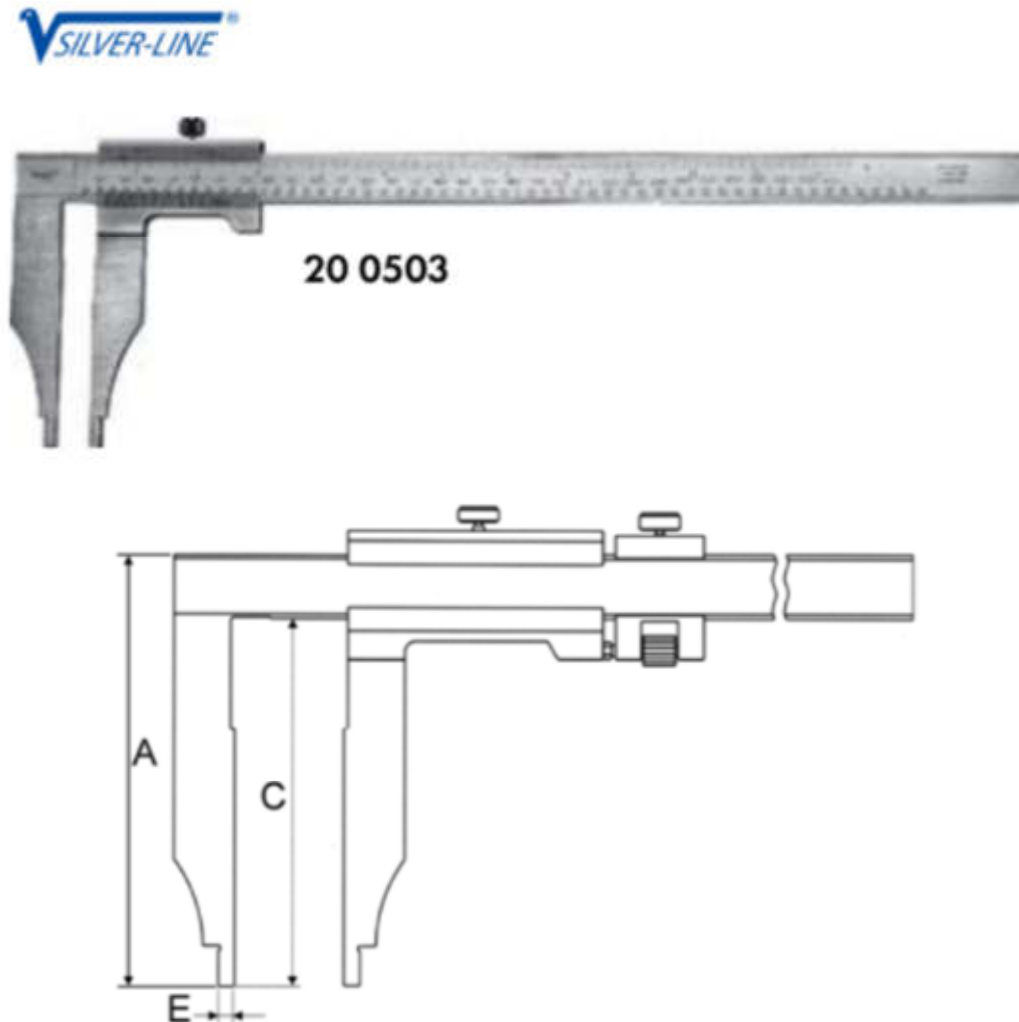


Рисунок 2.12 – Штангенциркуль ШЦ-III для зовнішніх поверхонь [8]

Таблиця 2.13 – Характеристики ШЦ-III для зовнішніх поверхонь [8]:

Артикул		Мм/дюйм	Ноніус нижній, мм	А, мм	В, мм	С, мм	Розмір губок внутрішнього вимірювання, мм	кг
Без точної установки	З точною установкою							
20 0503	20 0534	400 / 16	0,05	1/128	149	-	125	0,95

3 СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

Таблиця 3.1 – Початкові дані для розрахунку комбінованої шліцьової протяжки.

№	Вихідні дані шліцьового з'єднання					Вихідні дані інструмента		
	Умовне позначення		Фаска або радіус $c = r$, мм	Міцність, Мпа	Довжина отвору l , мм	Схема різання		Послідовність чергування
	Втулки	Валу				одинарна	групова	
	$d(d)-z \times d \times D \times b$	$d(d)-z \times d \times D \times b$						
	$d - 8 \times 32 \times 36H7 \times 6E7$		0,5	750	11			ФШК
		$D - 8 \times 32 \times 36H7 \times 6E7$			-	-	-	

На комбінованій протяжці є фасочні Ф, шліцьові Ш й круглі К зубці. Послідовність роботи зубів визначена в завданні: ФШК. При такій послідовності зубів Ф і Ш зуби працюють першими, а круглі зуби обробляють отвір останніми. Вважається, що протягання при такому розташуванні зубів виходить технологічною, а число фасочних зубів мінімально. Припуск на обробку отвору не заданий. Тому припуск буде визначатися при розрахунку протягання [9].

3.1. Розрахунок фасочних зубців

3.1.1. Припуск на фасочні зубці

Припуск A_ϕ на фасочні зубці визначаємо за формулою [10]:

$$A_\phi = d_\phi - d_{min} + 0,5$$

де d_{min} - мінімальний внутрішній діаметр шліцьового отвору, мм

d_ϕ - діаметр вершин по фаскам, мм

Діаметр вершин по фаскам визначаємо за формулою [10]:

де b - ширина впадин шліцьового отвору, мм;

f - величина фаски, мм;

$$d_\phi = \sqrt{b^2 + 4 \cdot (f + c)^2}$$

$$c = 0,5 \cdot \sqrt{d^2 - b^2} = 0,5 \cdot \sqrt{31^2 - 6^2} = 15,20 \text{ мм}$$

Тоді:
$$d_\phi = \sqrt{6^2 + 4 \cdot (0,5 + 15,20)^2} = 31,99 \text{ мм}$$

$$A_{\phi} = 32,99 - 32 + 0,5 = 1,49 \text{ мм}$$

3.1.2. Підйом на зуб

Підйом на зуб S_{ϕ} на сторону (товщина зрізу) обираємо за по [10].

$$S_{\phi} = 0,02 \text{ мм}$$

3.2.3. Глибина стружкової канавки

Глибина стружкової канавки h розрахована за формулою [10]:

$$h = 1,13 \cdot \sqrt{L \cdot a \cdot K},$$

де K - коефіцієнт заповнення стружкової канавки;

a - дійна товщина шару, який зрізається;

L - довжина отвору;

$$L = 11 \text{ мм.}$$

Коефіцієнт заповнення стружкової канавки K обираємо з табл. [10] враховуючи, що деталь сталевана з межею міцності 750 Мпа, а підйом на зуб становить 0,05 мм.

Тоді:

$$K = 3,5$$

$$h = 1,13 \cdot \sqrt{L \cdot a \cdot K} = 1,13 \cdot \sqrt{40 \cdot 0,1 \cdot 3,5} = 4,23 \text{ мм}$$

При такій глибині стружкової канавки її об'єм буде дорівнювати об'єму стружки. З умов стійкості протяжки отримана величина h не повинна перевищувати

$$0,17 \cdot D = 6,12 \text{ мм}$$

Умова виконана.

3.1.4. Визначення розмірів фасочних зубців

Фасочні зубці роблять за одинарною схемою різання (задано).

а) Діаметр першого зуба прийнятий рівним внутрішньому діаметру отвору d_k :

$$d_{\phi 1} = d_k = 31,2 \text{ мм}$$

4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

4.1 Дослідження методами моделювання у САМ-системі технологічного процесу механічної обробки деталі «Гільза»

Процес моделювання використовується для проектування, розробки, аналізу та оптимізації технологічних процесів. Він являє собою модель на основі подання хімічних, фізичних, біологічних та інших технічних процесів і поодиноких операцій в програмному забезпеченні. Розробка моделей для кращого уявлення реальних процесів є основою подальшого розвитку програмного забезпечення для моделювання. Розробка моделі здійснюється на боці інженерії, але також і в техніках управління і вдосконалення математичних методів моделювання. Тому моделювання процесу є однією з небагатьох областей, де вчені з хімії, фізики, інформатики, математики та інженери працюють разом [11].

4.1.1. Загальна інформація про компанію *Delcam, Autodesk* та програму *FeatureCAM Ultimate 2021*.

Компанія *Delcam*, що є одним з найбільших в світі спеціалізованим розробником САМ-систем, пропонує велике сімейство програмних продуктів, орієнтованих на різні сектори ринку механічної обробки. В лінійку продуктів *Delcam* входять такі відомі в усьому світі САМ-системи, як *PowerMILL*, *FeatureCAM*, *PartMaker* і *ArtCAM*. Незважаючи на те, що багато запатентованих компанією *Delcam* методів і стратегій механічної обробки однаково реалізовані відразу в декількох її САМ-системах, ці рішення призначені для різних типів виробництва і тому не конкурують між собою [12].

Відзначимо, що перша версія *FeatureCAM* з'явилася ще в 1995 році - в той час це була єдина в світі САМ-система, заснована на обробці типових конструктивно-технологічних елементів. Згодом цей підхід дозволив

розробникам створити дуже просту в засвоєнні і повсякденному використанні САМ-систему, що дозволяє максимально швидко розробляти надійні керуючі програми. Відмінною особливістю сучасної САМ-системи FeatureCAM, призначеної для розробки керуючих програм для токарної, фрезерної, токарно-фрезерної і електроерозійної обробки є виключно високий ступінь автоматизації прийняття рішень. Програма здатна автоматично розпізнати типові конструктивно-технологічні елементи і призначити раціональну послідовність і стратегії їх обробки відповідно до закладених в базу знань алгоритмами і рекомендованими параметрами. FeatureCAM автоматично вибирає з бази даних відповідний різальний інструмент (з наявності), розбиває припуск на проходи, розраховує режими різання і генерує керуючу програму. Після цього готова керуюча програма у форматі G-кодів може бути відправлена на верстат з ЧПУ [12].

САМ-система FeatureCAM найбільш затребувана підприємствами з коротким виробничим циклом, які не можуть дозволити собі витратити багато часу на розробку, налагодження та вдосконалення керуючих програм. Високий ступінь автоматизації прийняття рішень на основі вбудованої бази знань рекомендованих режимів різання дозволяє навіть недосвідченому технологу-програмісту без полумок і шлюбу якісно обробити деталь на верстаті з ЧПУ з першого разу. Цікаво відзначити, що багато субпідрядників, які є користувачами FeatureCAM, використовують цю САМ-систему ще й для обчислення собівартості виробництва і прогнозування термінів виготовлення замовлення [12].

Згодом компанія Delcam була поглинена компанією Autodesk [13].

Delcam вже давно фахівець у багатьох складних питаннях. Autodesk ж тепер має можливість прийняти цей величезний спектр технологій і знань від неймовірно лояльних співробітників компанії Delcam (які, до речі, мають досить значну частку в компанії), а також посилити їх, щоб конкретизувати свої амбіції, які по-справжньому охоплюють все в сфері виробництва і інспекції, а також за

Таким чином, виконано дослідження методами моделювання у САМ-системі технологічного процесу механічної обробки деталі «Гільза» у сучасній програмі *Autodesk FeatureCAM Ultimate 2021*. Визначено що комп'ютерне моделювання дозволяє відтворити процес різання з високим ступенем точності, та отримати достатньо точні прогнозовані результати процесів. Окрім того, визначено, що вбудована у САМ- систему *Autodesk FeatureCAM Ultimate 2021* база даних дозволяє визначити технологічні режими обробки деталі на етапі планування технологічного процесу виготовлення виробу, що дозволяє виключити етапи відпрацювання режимів в умовах виробництва, а, отже, і зменшити собівартість продукції.

Загальні висновки

Об'єкт дослідження – процеси механічної обробки деталі «Гільза» зі сталі Х12Ф1.

Предмет дослідження – основний час обробки деталі «Гільза» на верстатному обладнанні з ЧПК.

Методика досліджень – комп'ютерне моделювання операцій на основі САМ-програми *FeatureCAM Ultimate 2021*.

В роботі обґрунтовано конструктивні та технологічні особливості деталі «Гільза», описано та охарактеризовано середовище, в якому деталь працює. Зроблено аналіз технологічності деталі «Гільза», обрано найбільш відповідальні поверхні. Обрано заготовку для деталі «Гільза», показано методи обробки поверхонь деталі, обрано найдоцільніше верстатне обладнання, розроблено маршрут механічної обробки деталі. Обрано сучасний ріжучий та вимірювальний інструмент. Обрано режими різання та норми часу для операцій на верстатному обладнанні.

Виконано розрахунок комбінованої шліцьової протяжки для обробки шліцьового отвору в деталі «Гільза».

В результаті проведених досліджень встановлені процеси обробки деталі «Гільза», що забезпечили підвищення її якості, в першу чергу поверхні по 7 квалітету і з шорсткістю $Ra\ 0,8$.

Перелік посилань

1. ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДІВНИХ ПІДПРИЄМСТВ / В. Л. Дикань, Ю. Є. Калабухін, Н. Є. Каличева, В. О. Маслова; Український державний університет залізничного транспорту – Харків, 2020. – 387 с.
2. Сайт компанії «URACA»; «Високонапірні насоси з високим механічним ККД.» / <https://www.uraca.com/ru/infocentr/noukhau/konstrukcijaplunzhernogonaso/> : «URACA» , 2020.;
3. ГОСТ 2590-88. «ПРОКАТ СТАЛЬНОЙ ГОРЯЧЕКАТАНЫЙ КРУГЛЫЙ» /;– СССР, 2004. – 4 с.
4. ГОСТ 5950-2000. ПРУТКИ, ПОЛОСЫ И МОТКИ ИЗ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ЛЕГИРОВАННОЙ СТАЛИ / ; 2002. – 120 с.
5. Сайт компанії «ВАРИТЕК» С. «Токарні верстати з ЧПК з подвійним шпинделем» / Сайт компанії «ВАРИТЕК» // <https://varitec.com.ua/stanki/tokarnye-stanki-s-chpu-doosan/tokarnye-stanki-s-chpu-s-dvojnym-shpindel'em/tokarnye-stanki-doosan-s-dvojnym-shpindel'em-serii-puma-tw2100-tw2100-gl-tw2600-tw2600-gl-ts2600-ts2600-gl/> : «ВАРИТЕК» , 2018.;
6. PRADA NARGESA SL P. «Вертикальні протяжні верстати» / PRADA NARGESA SL <https://www.nargesa.com/ru/stankovdlyametalloobrabotki/vertikalnyy-protyazhnoy-standok-bm25/> – Іспанія, 2017.;
7. Каталог інструментів «Taegutec».; <https://taegutec.com.ua/category/produkcija/metallorzhushhij-instrument/>
8. Vogel «Вимірний інструмент » // <http://www.rezec.in.ua/izmeritelnyj-instrument> – Німеччина : Vogel, 2019.
9. Дідик Р.П. Технологія гірничого машинобудування [Підручник] / Р.П. Дідик, В.А. Жовтобрюх, С.Т. Пацера; під загальною редакцією докт. техн. наук, проф. Дідика Р.П. - Д., НГУ, 2016. - 424 с.;

10. В. Климова О. «Розрахунок шліцьової комбінованої протяжки» / О. В. Климова, О. П. Галактионова, Ю. И. Тулаев ; УГТУ–УПИ – Екатеринбург : О. В. Климова, 2008 . – 158 с.
11. Сторінка з Вікіпедії https://uk.wikipedia.org/wiki/Процес_моделювання
12. Informdom.com «САМ-система FeatureCAM: возможности новой версии» / www.informdom.com // <https://www.informdom.com/metalloobrabotka/2015/2/cam-sistema-featurecam-2015r2-vozmozhnosti-novoi-versii.html> : www.informdom.com, 2017.
13. isicad. ru «Autodesk и Delcam: умнейшее решение за десятилетие и больше» // https://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=16586 – Росія, 2018.
14. «Обзор отечественного рынка САМ» / sapr. com // <https://sapr.com/article/247842017>.
15. «CAD модели станков» / postprocessor. su // http://postprocessor.su/machine_models.html2018.
16. ДСТУ ГОСТ 2.104-2006 Єдина система конструкторської документації. Основні написи (ГОСТ 2.104-2006, IDT).

НТУ «ДП» 01140.00001

Гільза

ВКР

«Затверджую»

Головний інженер ()
 « » _____ 2021 р.

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС

МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

ВИРІБ

Гільза

ДОДАТОК Б
 Технологічна документація

ПОГОДЖЕНО:

Метрол. контроль _____ ()

Вед. технолог _____ ()

Н. контроль _____ ()

Акт № _____ від «_____» _____ 20__ р.

Підпис _____

Гол. спеціаліст _____ ()

Нач. техбюро _____ ()

Розробник _____ (Кулідоброва О.В.)

**ДОДАТОК Б
ТЕХНОЛОГІЧНА ДОКУМЕНТАЦІЯ**

ГОСТ 3.1105-84

Форма ф7

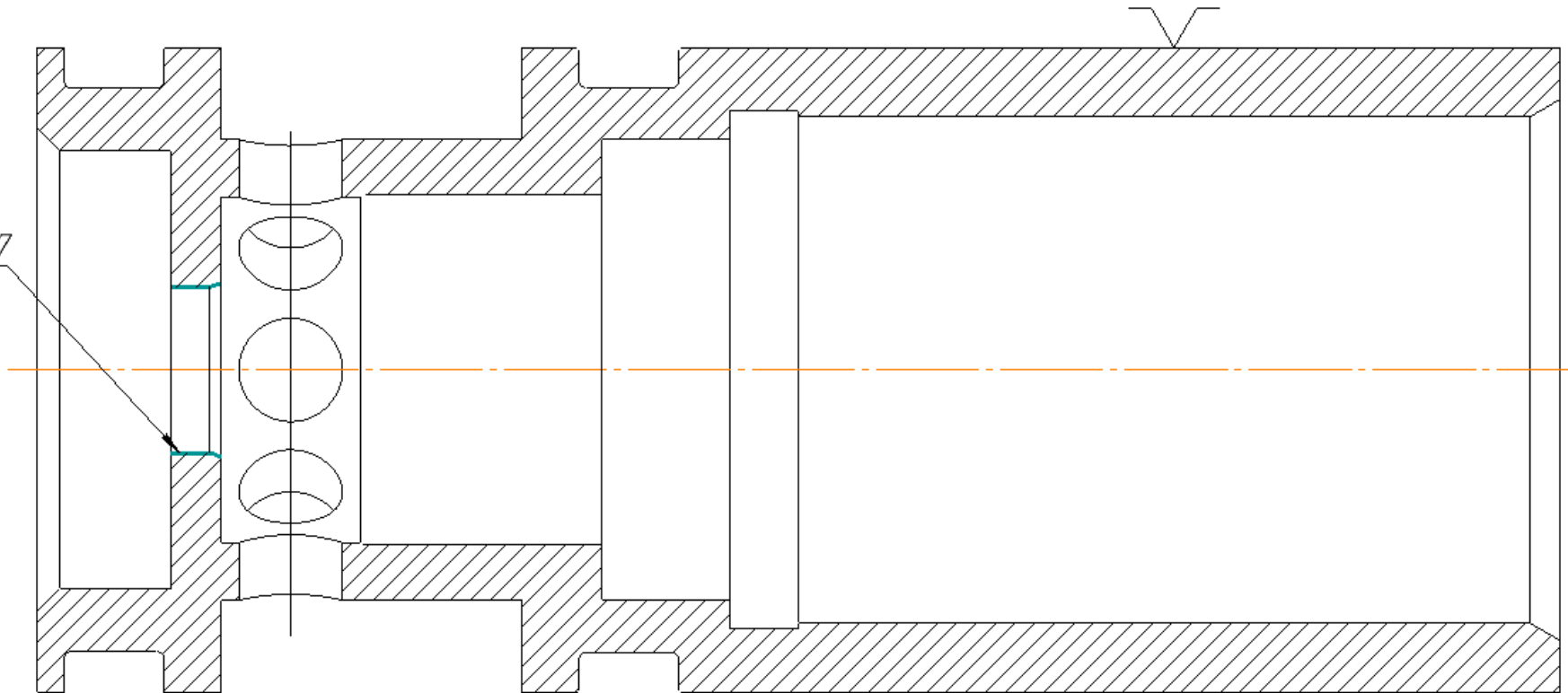
Дубл.			
Взам.			
Подл.			

Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата	Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------	------	------	----------	---------	------

02070743.60040.00001							1	1
----------------------	--	--	--	--	--	--	---	---

Разраб	Кулідоброва Пацера			НТУ «ДП»	ТММ.131.ОНПМ.21.09.01		02070743.20040. 00001				
Н. контр.				Гільза				1	1	1	20

$D \times 8 \times 32 \times 36H7 \times 6E7$



ДОДАТОК Д

Графічний матеріал до технологічного розділу Налаштування технологічних операцій та переходів

Таблиця 2.1 - Параметри прокату за стандартом ГОСТ 2590-88 [1].

Номинальний діаметр d , мм	Граничні відхилення, (мм) при точності прокату			Площа поперечного перерізу, cm^2	Маса 1 м довжини прокату, кг
	A1	B1	B1		
145	-	+0,6 -2,0	+0,8 -2,0	165,10	129,60

Круг 145-В ГОСТ 2590-88
Сталь Х12Ф1 ГОСТ 5950-2000

Таблиця 2.1 – Перелік оброблених поверхонь

Вид поверхні, розмір, мм	Квалітет	Ra, мкм	Метод обробки поверхні
Торцеві поверхні 140	10	3,2	Точіння однократне
Зовнішня $\varnothing 140h7(-0,04)$	7	0,8	Точіння чорнове Точіння чистове Точіння тонке
Зовнішня $\varnothing 122$ (2 канавки)	10	3,2	Точіння однократне
Зовнішня $\varnothing 100h10(-0,14)$	10	3,2	Точіння однократне
Внутрішня $\varnothing 94H8(+0,054)$ Внутрішня $\varnothing 76H8(+0,046)$	8	1,6	Розточування чорнове Розточування чистове Розточування тонке
Фаска $\varnothing 105$ 1x45°	-	6,3	Розточування однократне
Шліцьовий отвір D – 8 × 32 × 36H7 × 6E7	9	3,2	Свердління Протягування
Отвір $\varnothing 22$ 8шт.	10	6,3	Свердління
Внутрішня $\varnothing 110H7(+0,035)$	7	1,6	Свердління Розточування чорнове Розточування чистове Розточування тонке
Внутрішня $\varnothing 112$ Внутрішня $\varnothing 74$	10	3,2	Розточування однократне
Внутрішня $\varnothing 100H8(+0,054)$	9	1,6	Розточування чорнове Розточування чистове
Фаска $\varnothing 116$ 2x60°	-	6,3	Розточування однократне





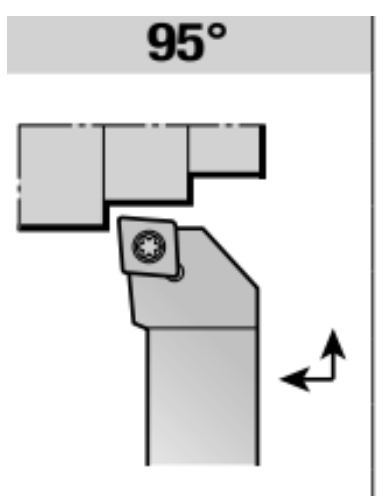
Рисунок 2.2 – Загальний вигляд верстату з двома шпинделями моделі DOOSAN серії PUMA TW2600 / M [2]

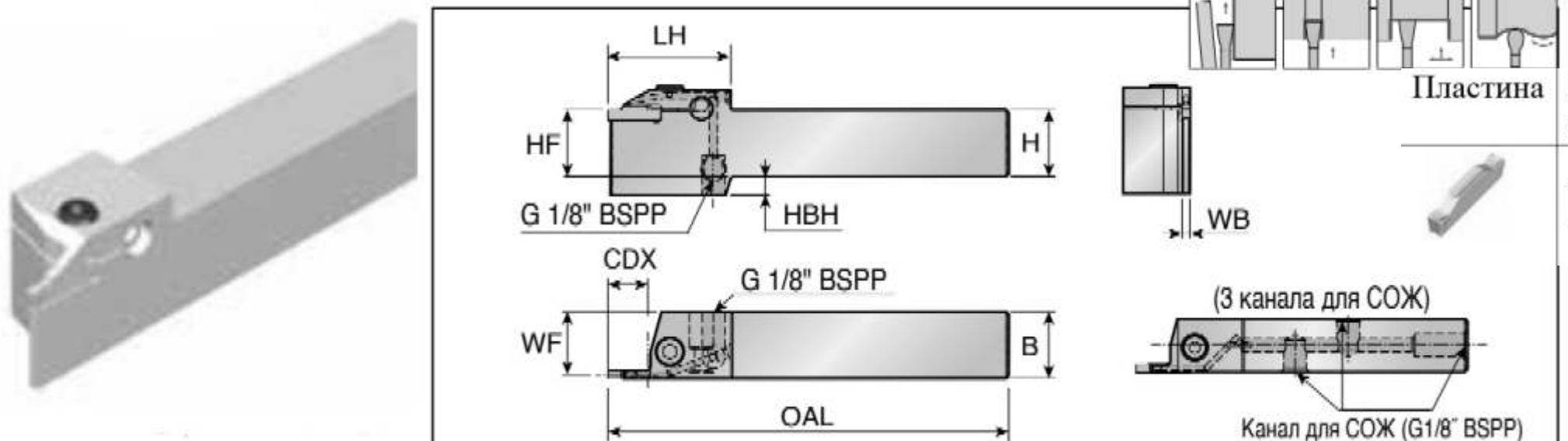



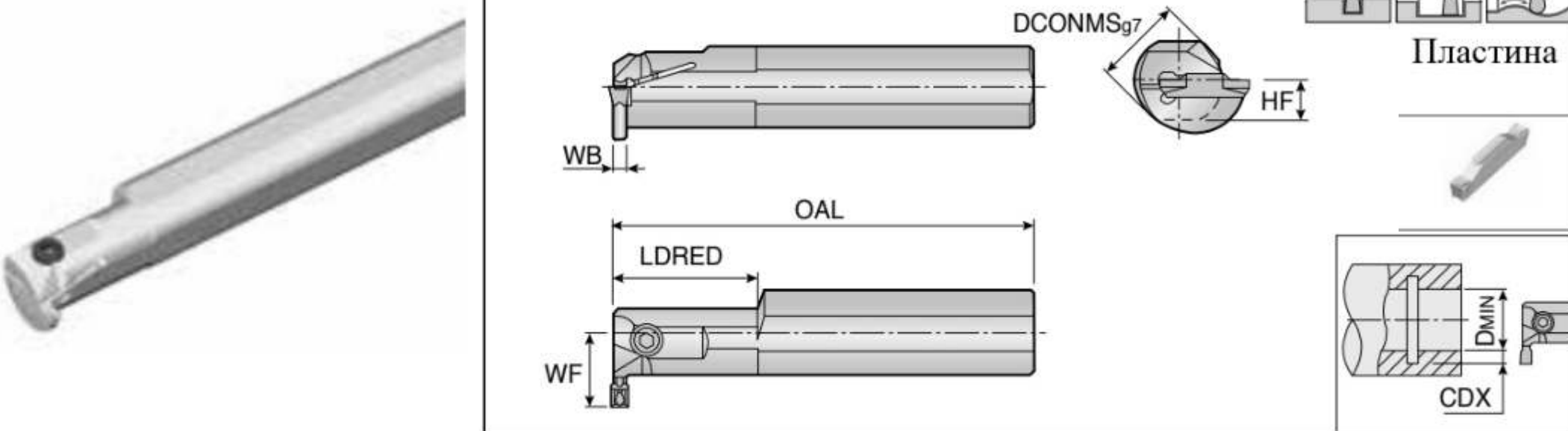

Рисунок 2.4 – Загальний вигляд вертикально-протяжного верстату BM25

Інструмент для верстату DOOSAN PUMA

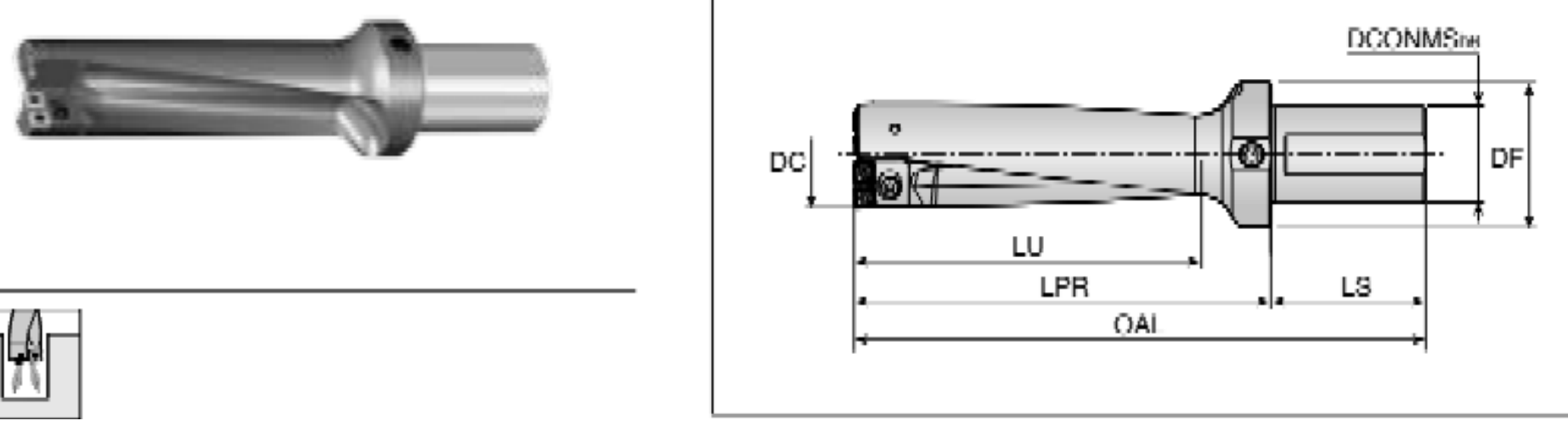
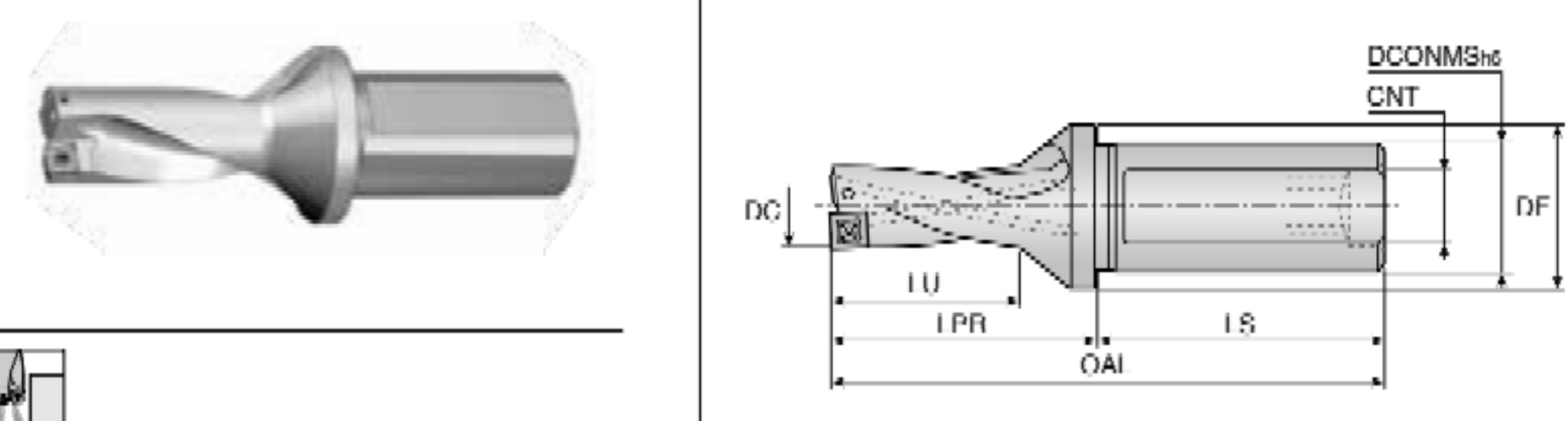
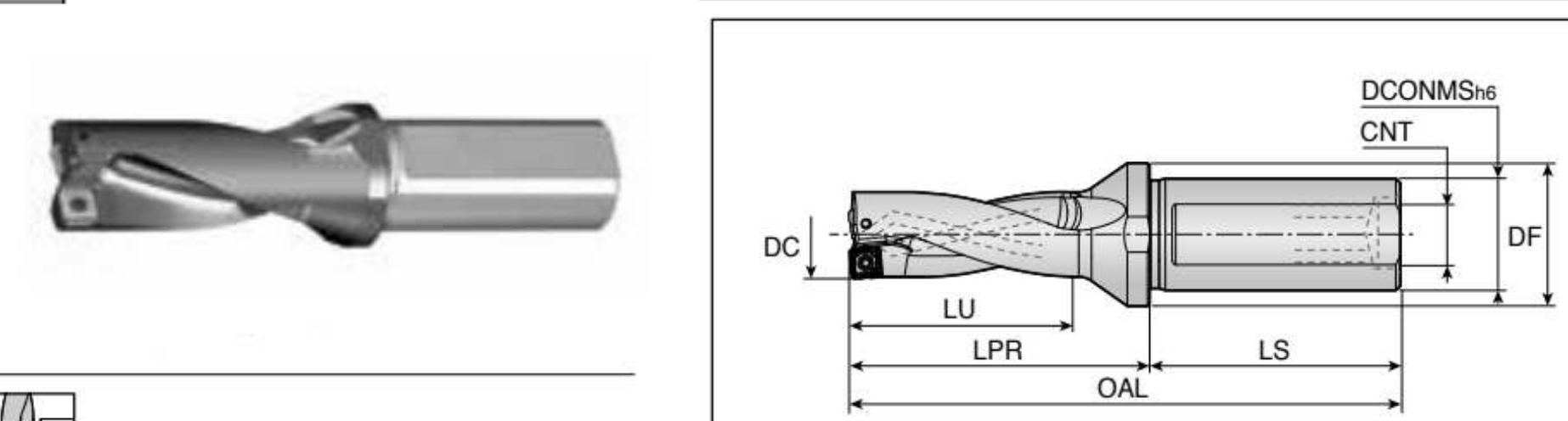
Інструмент	Пластина для чорнової обробки	Пластина для чистової обробки
<p>S-SCLPR</p>	 Чорнова	 Чистова

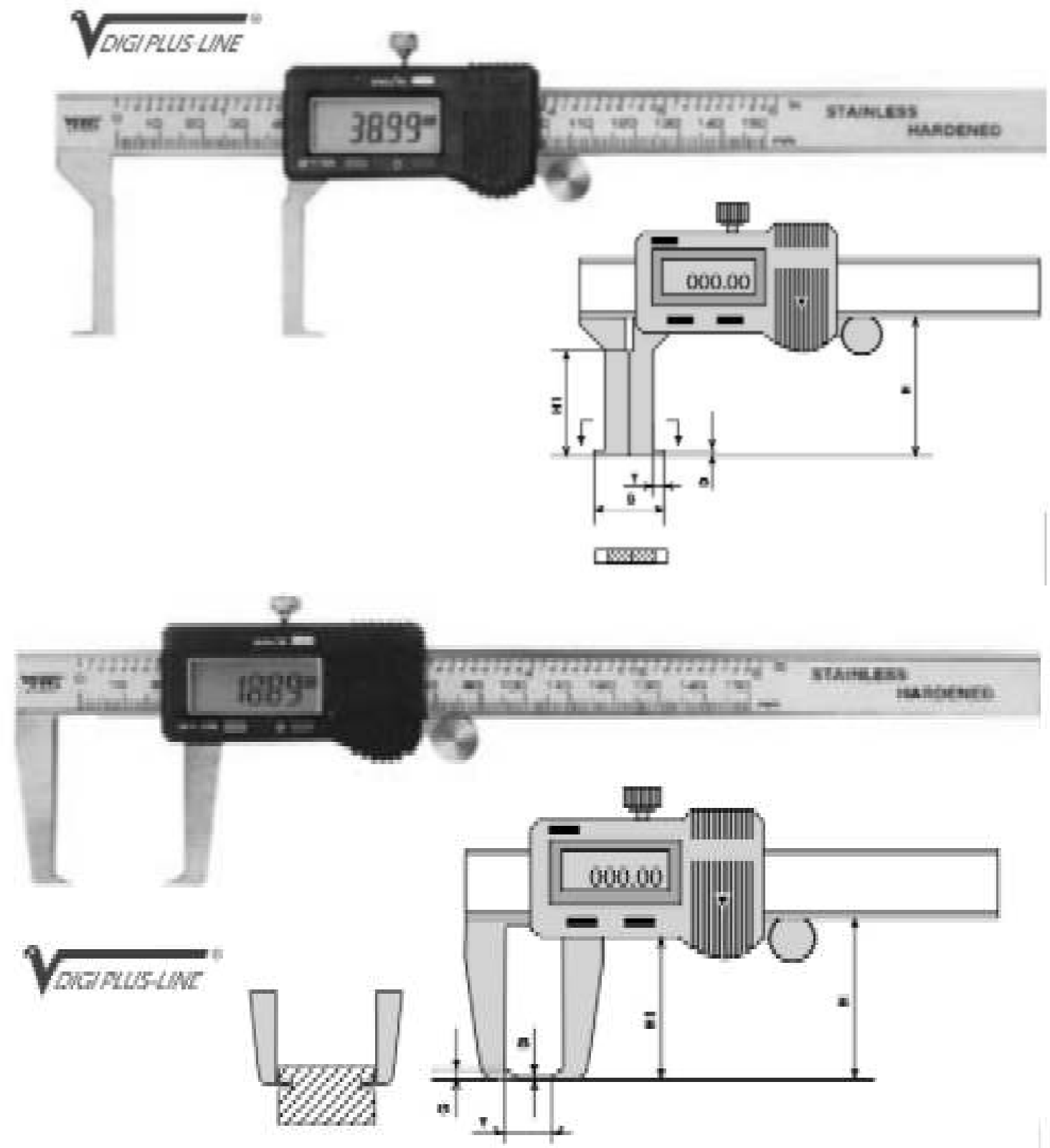
<p>SCLCR</p>	
---------------------	---

Інструмент	Пластина	Позначення пластини
 <p>TDC 6</p>		

Інструмент	Пластина	Позначення пластини
 <p>TDC 4</p>		

Пластина	Позначення
	SPMG 050204 DK



Вимірювальний інструмент

ДОДАТОК К

Графічна частина до науково- дослідницького розділу

Дослідження методами моделювання у САМ-системі технологічного процесу механічної обробки деталі «Гільза»

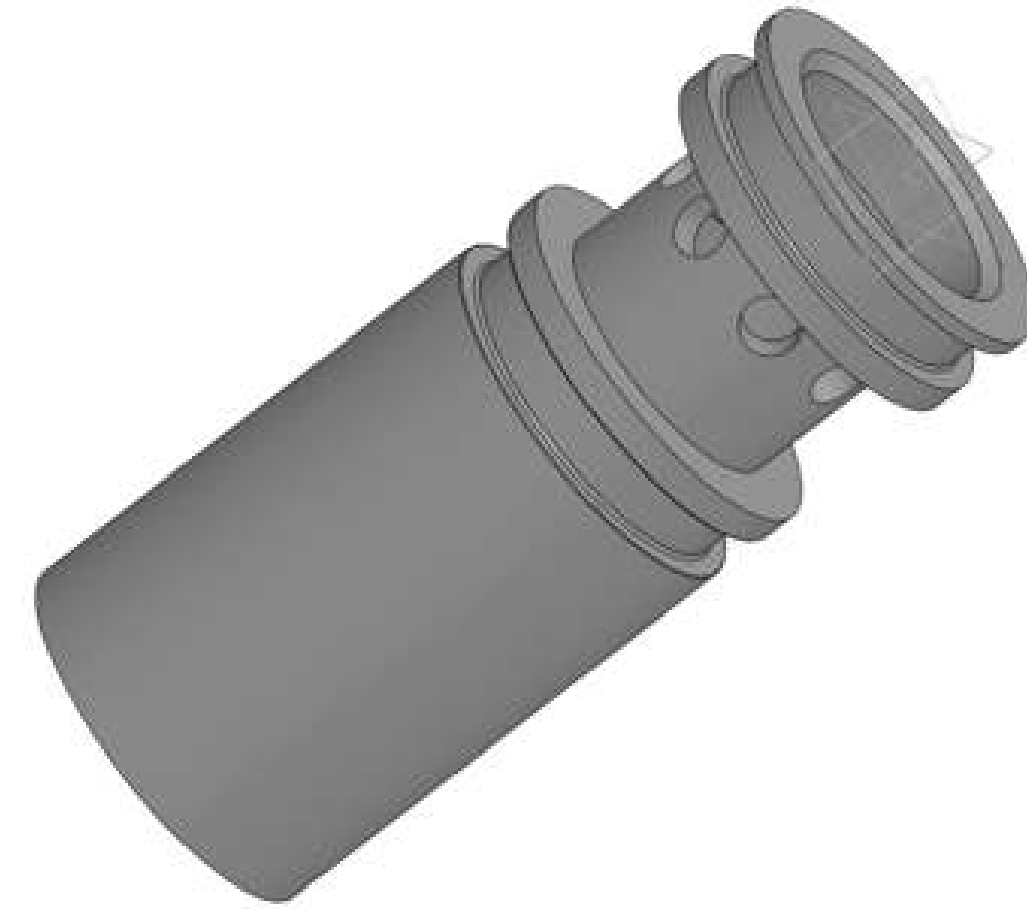
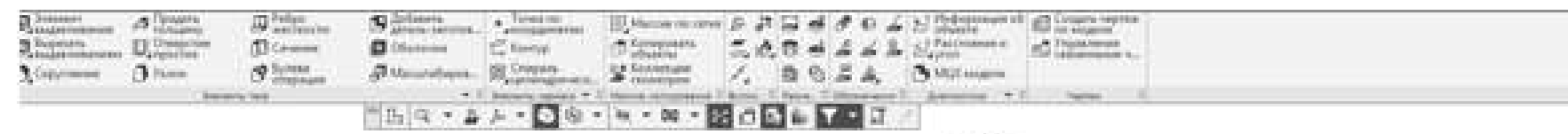


Рисунок 4.3 – 3D-модель деталі «Гільза» у програмі АСКОН КОМПАС- 3D v18.1.

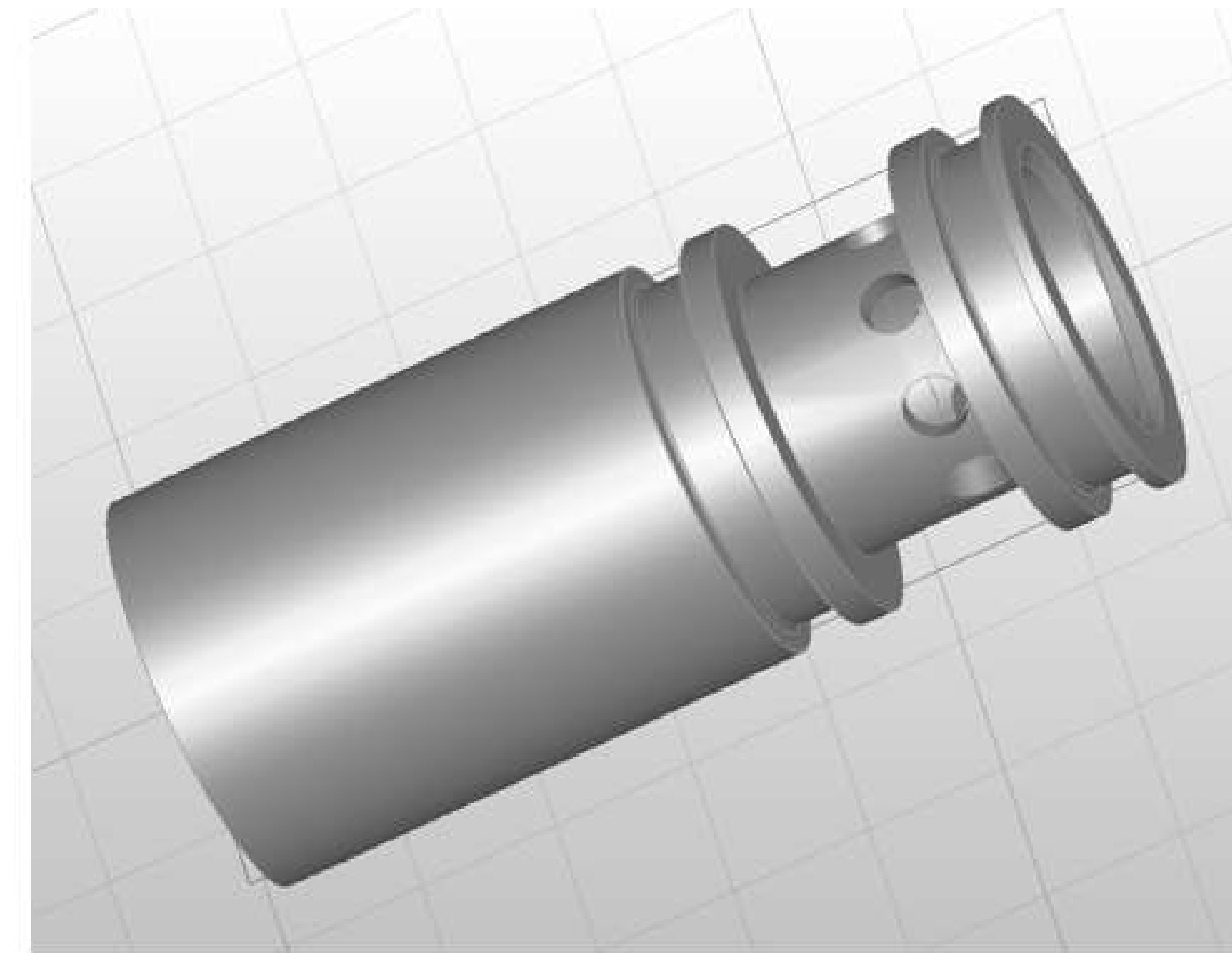


Рисунок 4.4 – 3D-модель деталі «Гільза» у програмі FeatureCAM.

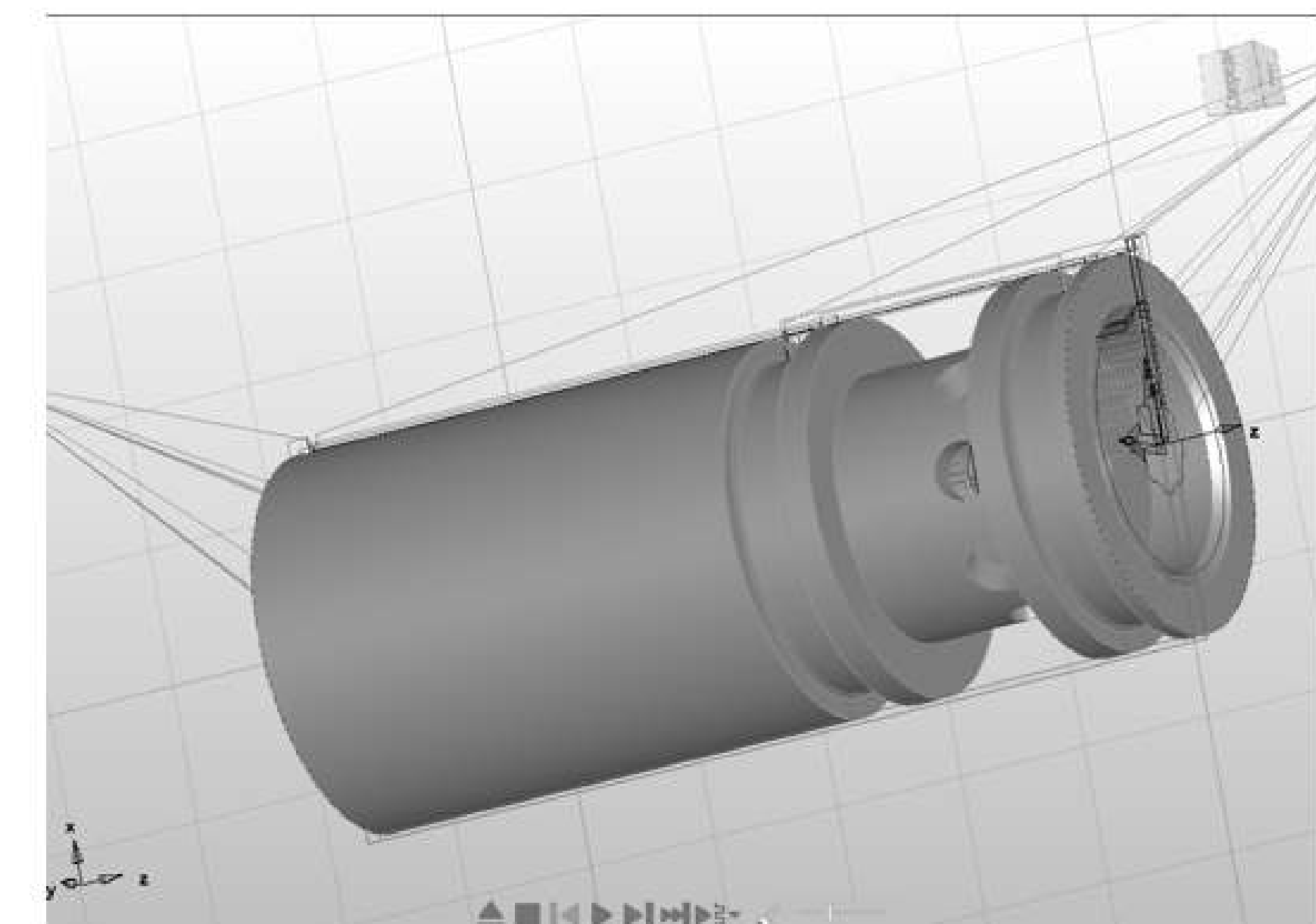
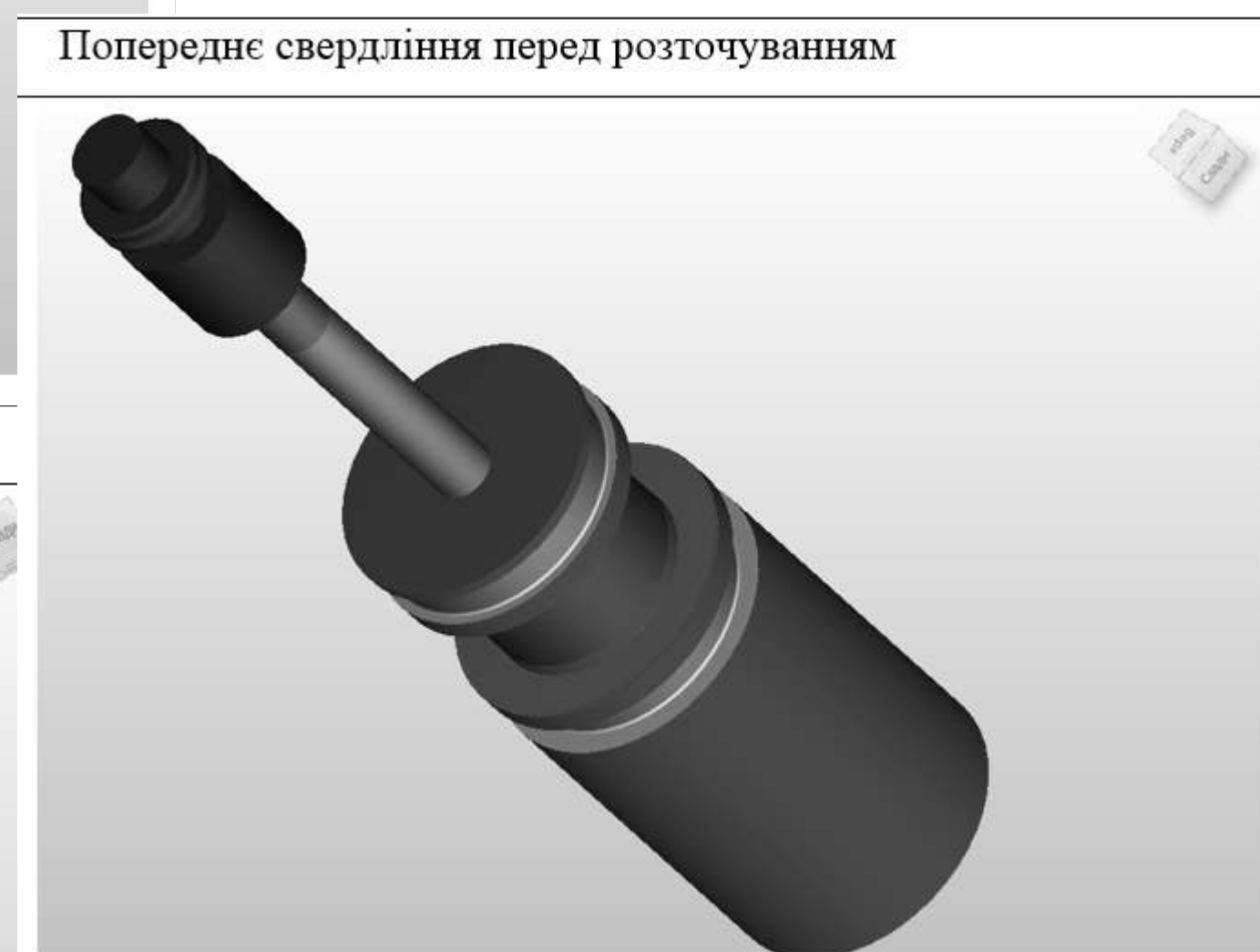
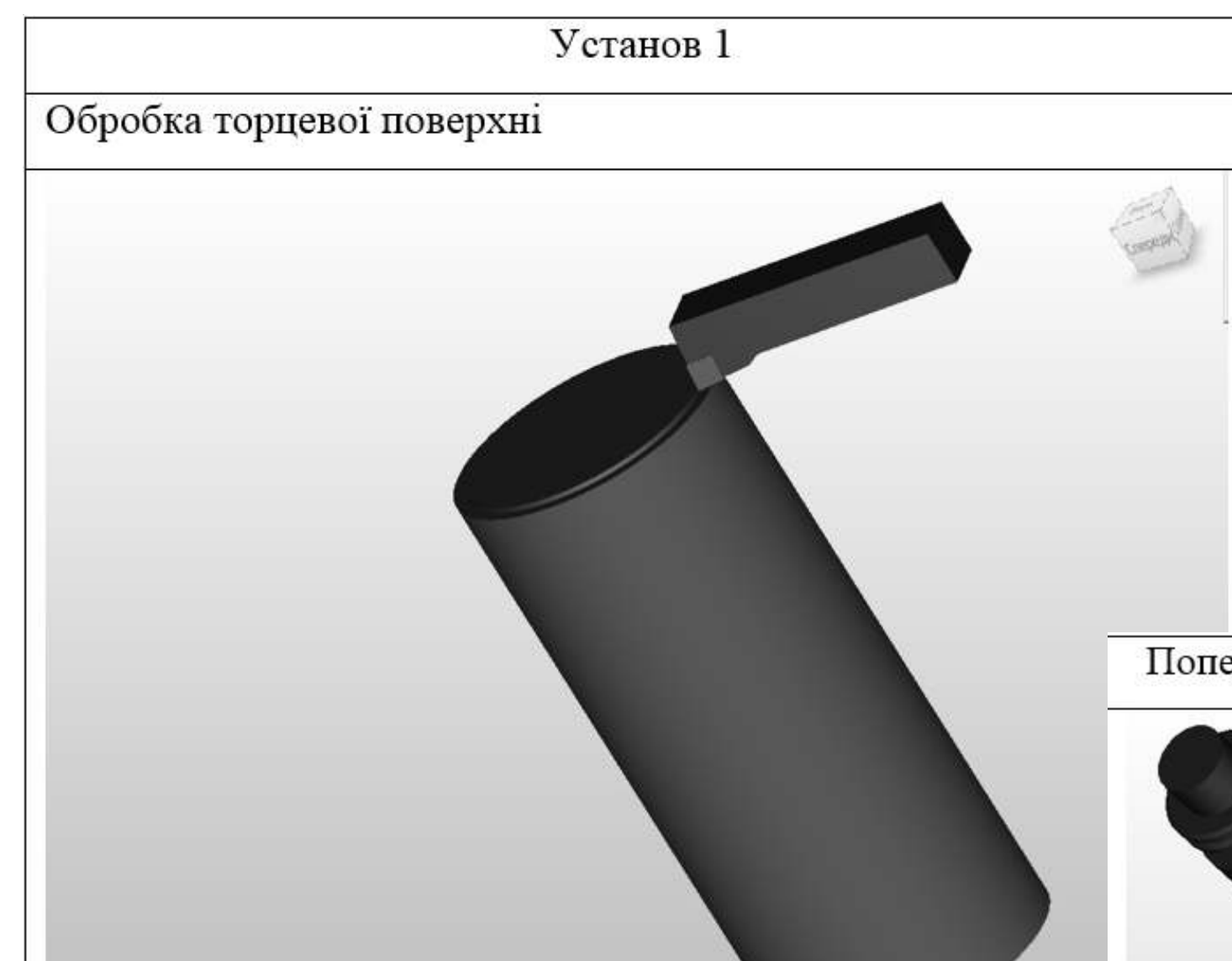
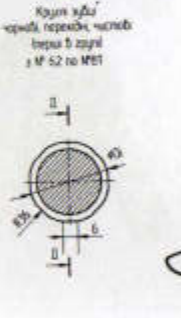
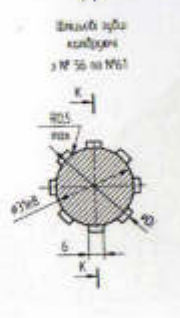
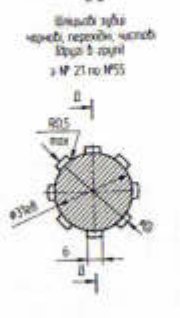
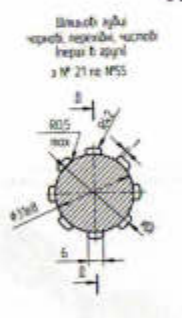
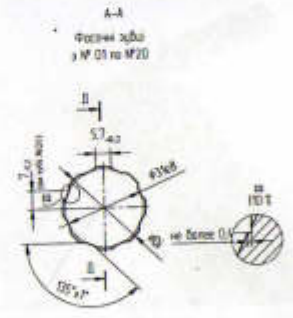
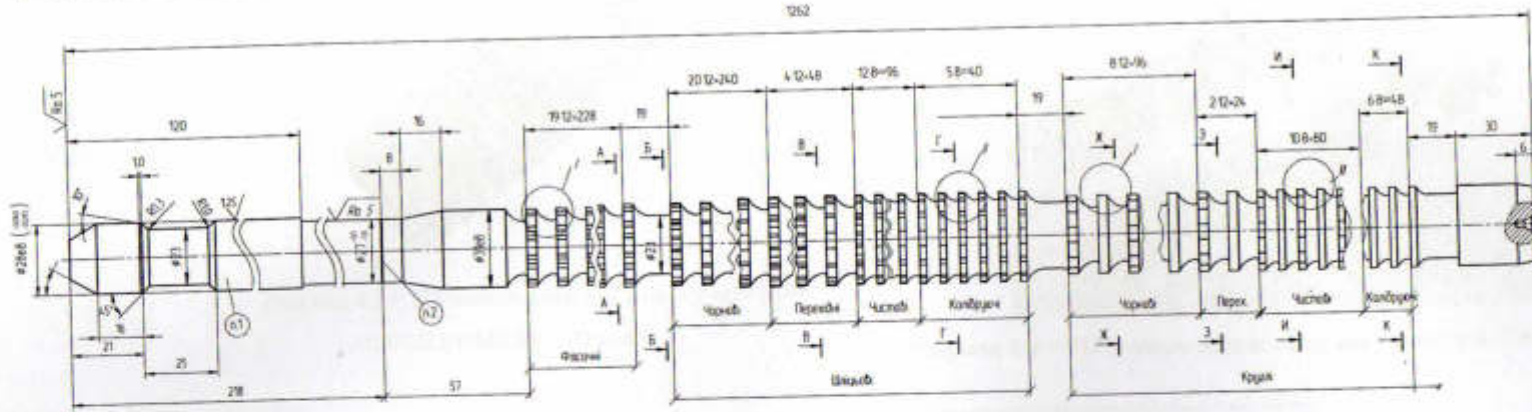
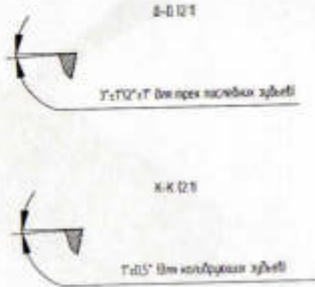
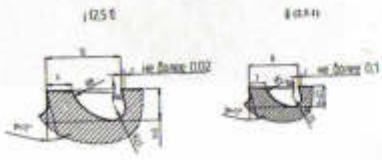
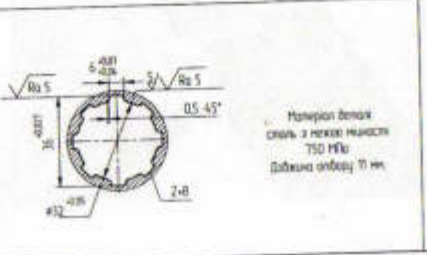


Рисунок 4.6 – Кінець підрахунку траєкторії.

Граничне відхилення	-0,05	-0,05	-0,00	-0,05	-0,00
Хвостик, мм	12	12	11	12	11
Висота шліфа D	1,21 1,22 1,23 1,24 1,25 1,26 1,27 1,28 1,29 1,30 1,31 1,32 1,33 1,34 1,35 1,36 1,37 1,38 1,39 1,40 1,41 1,42 1,43 1,44 1,45 1,46 1,47 1,48 1,49 1,50	1,21 1,22 1,23 1,24 1,25 1,26 1,27 1,28 1,29 1,30 1,31 1,32 1,33 1,34 1,35 1,36 1,37 1,38 1,39 1,40 1,41 1,42 1,43 1,44 1,45 1,46 1,47 1,48 1,49 1,50	1,21 1,22 1,23 1,24 1,25 1,26 1,27 1,28 1,29 1,30 1,31 1,32 1,33 1,34 1,35 1,36 1,37 1,38 1,39 1,40 1,41 1,42 1,43 1,44 1,45 1,46 1,47 1,48 1,49 1,50	1,21 1,22 1,23 1,24 1,25 1,26 1,27 1,28 1,29 1,30 1,31 1,32 1,33 1,34 1,35 1,36 1,37 1,38 1,39 1,40 1,41 1,42 1,43 1,44 1,45 1,46 1,47 1,48 1,49 1,50	1,21 1,22 1,23 1,24 1,25 1,26 1,27 1,28 1,29 1,30 1,31 1,32 1,33 1,34 1,35 1,36 1,37 1,38 1,39 1,40 1,41 1,42 1,43 1,44 1,45 1,46 1,47 1,48 1,49 1,50
Початок шліфа	Черевц		Черевц	Черевц	Черевц
Кінець шліфа	Фланець		Фланець	Фланець	Фланець



Handwritten signature and initials.



- 1 Матеріал робітної частини - сталь 40Х ГОСТ 4543 - 71
- 2 Матеріал нарізаних частин - сталь 40Х ГОСТ 4543 - 71
- 3 Контактні шліфи електроабразивні отримані
- 4 МРС 62.05 - шліф на нарізаних МРС 42.01 - деталі частини протяжки шліфова
- 5 Неблизько гранич. відхилення розмірів шліфа 0,01, довж. шліфа, мм 10, 1/2
- 6 Нарізати шліфами на шліфувальній машині

ТММОНТМ2102.02.ТК			
№	Вид	Кількість	Примітки
1	Протяжка шліфова	10	11
Матеріал: сталь з механіч. властивостями 750 МПа			
Довжина шліфа: 10 мм			
Формат: А1			

ДОДАТОК Ж
РЕЦЕНЗІЯ
на випускню кваліфікаційну роботу

Дослідження методами моделювання у САМ-системі технологічного процесу механічної обробки деталі «Гільза»

(вказати тему дипломного проекту (роботи))

Студентка Кулідоброва Олена Валеріївна

Спеціальність 131 Прикладна механіка

(код, найменування спеціальності)

Обсяг проекту повний

Кількість аркушів графічної частини б (формату А1)

Кількість сторінок пояснювальної записки стр. 64

а) короткий зміст проекту (роботи) та прийнятих рішень:

Розроблено проект деталі «Гільза»,

розроблено технологічний процес виготовлення деталі «Гільза»,

обґрунтовано обрання методу отримання заготовки,

вибрано сучасні високопродуктивні верстат для токарної обробки з ЧПК,

застосовано різальний інструмент з каталогу *Taegutec*.

У спеціальному розділі розроблено проект протяжки для шліцьового отвору деталі «Гільза».

У науково-дослідницькому розділі у програмі *FeatureCAM Ultimate 2021* виконано комп'ютерне моделювання механічної обробки деталі «Гільза», отримано точні прогнозовані результати витрат основного часу.

б) висновок про відповідність проекту (роботи) завданню: робота відповідає завданню на дипломний проект

в) характеристика виконання кожного розділу на випускню кваліфікаційну роботу, рівень відповідності останнім досягненням науки та техніки і передовим методам роботи Розділи дипломного проекту відповідають останнім досягненням науки та техніки

г) недоліки роботи:

аналіз літературних джерел присвячених розглянутій проблемі опублікованих у закордонних виданнях потрібно було б виконати глибше та ширше.

в пояснювальній записці мається декілька граматичних неточностей у технічних термінах.

д) позитивні особливості:

визначено, що вбудована у САМ-систему *Autodesk FeatureCAM Ultimate 2021* база даних дозволяє визначити технологічні режими обробки деталі на етапі планування технологічного процесу виготовлення виробу, що дозволяє виключити етапи

відпрацювання режимів в умовах виробництва, а, отже, і зменшити собівартість продукції.

у науково-дослідницькому розділі застосовано сучасне програмне середовище FeatureCAM Ultimate 2021, що є підставою позитивного оцінювання результатів.

результати досліджень опубліковані у збірнику тез доповідей на студентській науково-технічній конференції «Тиждень студентської науки».

е) оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки до роботи
графічний матеріал та пояснювальна записка виконана відповідно до регламентованих стандартів.

є) відгук про проект (роботу) загалом робота виконана в повному обсязі

ж) оцінка випускної кваліфікаційної роботи: «відмінно»

Рецензент

Кандидат технічних наук,

доцент кафедри «Конструювання, технічної естетики і дизайну»



Федоскіна О.В.

(підпис)

«23» травня 2021р.

