

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Механіко-машинобудівний інститут

Кафедра конструювання машин

До захисту допущено:

Завідувач кафедру

_____ Юрій ДАНИЛЬЧЕНКО

«__» _____ 20__ р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

**за освітньо-професійною програмою «Інструментальні системи та
технології формоутворення деталей»**

спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

**на тему: «Автоматизація розрахунків конструкції різьбового калібру-
пробки»**

Виконав (-ла):

студент (-ка) IV курсу, групи МІ-71

Умущенко Назар Сергійович _____

Керівник:

Доцент, к.т.н.

Красновид Дмитро Олександрович _____

Рецензент:

Засвідчую, що у цьому дипломному
проекті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент (-ка) _____

Київ – 2021 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Механіко-машинобудівний інститут
Кафедра конструювання машин

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 133 «Галузеве машинобудування»

Освітньо-професійна програма «Інструментальні системи та технології формоутворення деталей»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедру

_____ Юрій ДАНИЛЬЧЕНКО

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Умщенко Назар Сергійович

1. Тема проекту «Автоматизація розрахунків конструкції різьбового калібра-пробки», керівник проекту Красновид Дмитро Олександрович, доцент, к.т.н., затверджені наказом по університету від «__» _____ 20__ р. № _____
2. Термін подання студентом проекту _____
3. Вихідні дані до проекту:;
4. Зміст пояснювальної записки:.
5. Перелік графічного матеріалу:.
6. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Аналіз розрахунку виконавчих розмірів	17.03.2021	
2	Розробка алгоритму програми розрахунку виконавчих розмірів	07.04.2021	
3	Створення технологічного процесу для виготовлення прохідного та непрохідного калібрів	21.04.2021	
4	Створення керуючої програми для оброблення деталей на верстаті з ЧПК	28.04.2021	
5	Контроль калібрів	05.05.2021	

Студент

Назар УМУЩЕНКО

Керівник

Дмитро КРАСНОВИД

"ЗАТВЕРДЖУЮ"

Юрій

ДАНИЛЬЧЕНКО

"__" _____ "20__ р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ ДО ПРОЕКТУ	
Тема проекту	Автоматизація розрахунків конструкції різьбового калібра-пробки
Зміст проекту	Створення ПО для автоматизованого створення креслеників калібрів-пробок (ПР(21) та НЕ(22))
Технічні умови до проекту	
Особливі вимоги	
ЛИСТ	ЗМІСТ ІЛЮСТРАТИВНОГО МАТЕРІАЛУ

СП	Написання програмного забезпечення для створення кресленика калібр-пробок (ПР(21) та НЕ(22))
ОП	Програма автоматизації розрахунку виконавчих розмірів калібрів-пробок
ТС	Ескіз технологічних операцій
КС	Розробити технологію виготовлення різьбових калібрів пробок (ПР(21), НЕ(22))
СС	Розробка керуючої програми на верстаті з ЧПК
ДС	Дослідження параметризації та автоматизації при проектуванні креслеників
Студент <u>Умущенко Н.С.</u> Керівник <u>Красновид Д.О.</u>	
дата "___" _____ "20__ р дата "___" _____ "20__ р	
Прийняті позначення: СП – стан питання ОП – об'єкт проектування ТС – технологічна складова	
КС – конструкторська складова СС – спеціальна складова ДС – дослідницька складова	

Анотація

Автоматизація розрахунків конструкції різьбового калібра-пробки

Метою дипломного проекту є розроблення програмного забезпечення розрахунку виконавчих розмірів різьбового прохідного та непрохідного калібрів пробок (ПР(21), HE(22)), та підлаштування параметричного кресленика під виконавчі та конструктивні розміри. Було проведено написання коду мовою PYTHON 3.9, використовуючи IDE PYCHARM Community, було створено 3-Д моделі прохідної та непрохідної пробки (ПР(21), HE(22)) М8-6Н, розроблена керуюча програма токарного верстата з ЧПК.

Ключові слова: калібр-пробка, різь, різьба, автоматизація, параметризація, верстат з ЧПК.

Annotation

Automation of calculations of the design of metric screw-thread plug gauge plug

The purpose of the diploma project is to develop software for calculating the executive dimensions of threaded through and impassable caliber plugs (ПР (21), HE (22)), and to adjust the parametric drawing to the executive and structural dimensions. The code was written in PYTHON 3.9, using IDE PYCHARM Community, 3-D models of through and impassable plugs (ПР (21), HE (22)) M8-6H were created, the control program of the lathe with CNC was developed.

Key words: caliber plug, thread, thread, automation, parameterization, CNC machine.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ	10
1.1 Контроль внутрішніх різьб	13
1.2 Вибір матеріалу	13
2 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ПРОБОК	15
2.1 Алгоритм розрахунку виконавчих розмірів різьбового калібру	15
2.2 Розрахунок параметрів калібру для М8 і розробка робочих креслень	19
2.3 Автоматизоване проектування	23
2.3.1 Розробка 3-Д моделі прохідного калібру	24
2.3.2 Розробка 3-Д моделі непрохідного калібру	28
3 ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ РІЗЬБОВИХ КАЛІБРІВ	31
3.1 Розрахунок похибок базування	31
3.2 Вимоги до точності	31
3.3 Розрахунок припусків на обробку	33
3.4 Розрахунок зусиль різання	34
3.5 Шліфувальний круг	38
3.5.1 Профілювання шліфувального круга для обробки різьби калібрів	42
3.6 Графічне зображення технологічного процесу калібр-пробки ПР(21)	45
3.7 Графічне зображення технологічного процесу калібр-пробки НЕ(22)	48
4 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ОБРОБКИ РІЗЬБОВИХ КАЛІБРІВ НА ВЕРСТАТАХ З ЧПК	51
4.1 Характеристика обладнання	51
4.2 Створення керуючої програми на верстат з ЧПК	53
4.2.1 Створення керуючої програми на верстат з ЧПК для прохідного калібру	54
4.2.2 Створення керуючої програми на верстат з ЧПК для непрохідного калібру	57
5. АВТОМАТИЗАЦІЯ	60
5.1 Розробка програми розрахунку різьбового калібру	60
5.2 Автоматизація створення кресленника	62
ВИСНОВКИ	65
ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА	66
ДОДАТКИ	67

ВСТУП

Переваги, які зазвичай приписують автоматизації, включають більш високі показники виробництва та підвищену продуктивність, ефективніше використання матеріалів, кращу якість продукції, покращену безпеку, коротший робочий тиждень для праці та скорочення фабричних термінів. Більш високий обсяг виробництва та підвищення продуктивності були двома найбільшими причинами, що виправдовують використання засобів автоматизації. Незважаючи на твердження про високу якість завдяки хорошій якості виготовлення людьми, автоматизовані системи, як правило, виконують виробничий процес із меншою мінливістю, ніж людські працівники, що призводить до більшого контролю та узгодженості якості продукції. Крім того, посилений контроль процесу робить більш ефективним використання матеріалів, що призводить до меншої кількості брухту. [6]

Безпека працівників є важливою причиною автоматизації промислових операцій. Автоматизовані системи часто видаляють працівників з робочого місця, тим самим захищаючи їх від небезпеки виробничого середовища. У США було прийнято Закон 1970 року про безпеку та гігієну праці (OSHA) з національною метою зробити роботу безпечнішою та захистити фізичне благополуччя працівника. OSHA сприяла використанню автоматизації та робототехніки на заводі. [6]

Ще однією перевагою автоматизації є зменшення кількості годин, що працюють в середньому за тиждень робітниками заводу. Близько 1900 року середній робочий тиждень становив приблизно 70 годин. Це поступово скоротилося до стандартного робочого тижня в Сполучених Штатах, який становить близько 40 годин. Механізація та автоматизація зіграли значну роль у цьому скороченні. Нарешті, час, необхідний для обробки типового виробничого

замовлення через завод, як правило, скорочується за допомогою автоматизації.

[6]

1 АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ

1.1 Контроль внутрішніх різьб

Параметри різьби можуть контролюватися диференційованими і комплексними методами. При диференційованому методі контролю окремо перевіряють власне середній діаметр, крок і половину кута профілю. Висновок про придатність дають також по кожному параметру окремо. Використовується цей складний і трудомісткий метод для контролю точних різьб: калібрів-пробок, різьбонарізного інструменту і т.д. [3]

Вимірювання кроку різьби

Лінійкою вимірюють довжину визначеної кількості витків (наприклад, десяти). Розділивши отриману довжину на заміряну кількість витків, знаходять розмір одного кроку. Вимірюючи дюймову різьбу, визначають кількість витків, яка припадає на довжину одного дюйма (приблизно дорівнює 25,4 мм). Якщо на довжині 1" налічується 4 витки, то крок дорівнює 1/4".

Вимірювання кроку різьби вимірювальною лінійкою

Різьбомір (рис. 2.1, а) складається з набору сталевих пластинок, кожна з яких оснащена вирізами, що точно відповідають профілю різьби певного кроку. На кожній пластинці вибиті цифри, що вказують на крок різьби в міліметрах або кількість витків, нарізаних на довжині одного дюйма. При вимірюванні кроку прикладають пластинку до різьби, що перевіряється, паралельно її осі (рис. 1.1, б). Збіг пластинки різьбоміру перевіряють на просвіт.

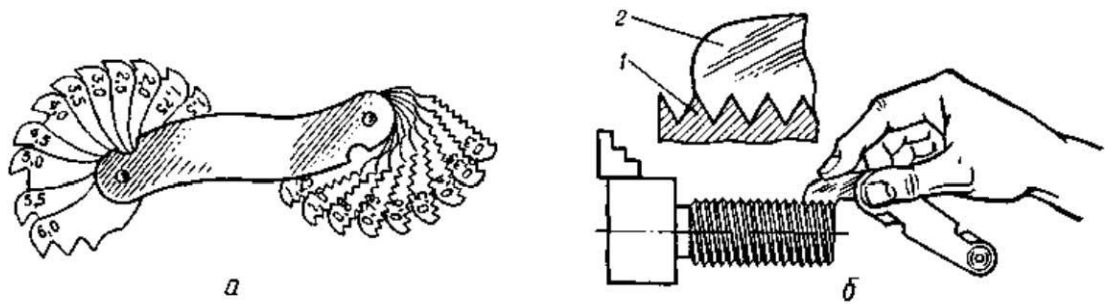


Рисунок 1.1 Контроль кроку різьби різьбоміром

а – комплекс різьбомірів; б – контроль, 1 – деталь, 2 – різьбомір

Вимірювання середнього діаметра різьби

Точно виміряти середній діаметр різьби можна різьбовим мікрометром (рис.1.2). Він відрізняється від мікрометра для гладких поверхонь деталей тільки тим, що замість постійних вимірювальних поверхонь має особливі змінні вимірювальні наконечники. Наконечник, оснащений конусом із кутом, який дорівнює куту профілю різьби, вставляють в отвір мікрометричного гвинта, а наконечник, оснащений проріззю, в п'яту. [1]

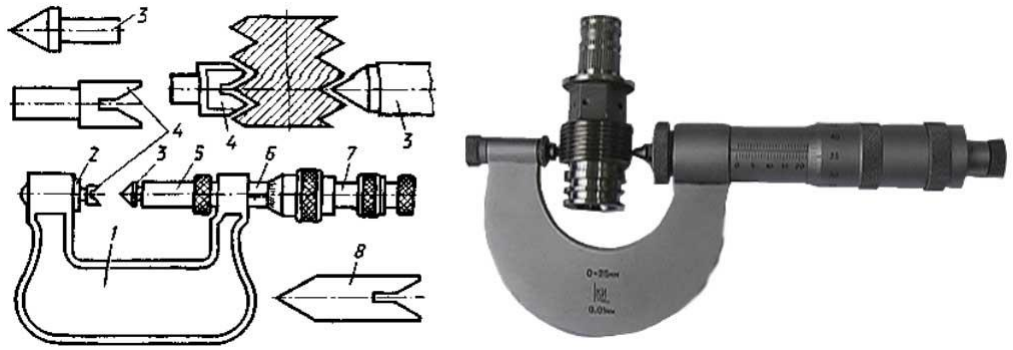


Рисунок 1.2 Різьбовий мікрометр

1 – скоба; 2 – п’ятка; 3, 4 – конічна і призматична вставки; 5 – шпindelь;
6 – стебло; 7 – барабан; 8 – шаблон

При вимірюванні різьбовий мікрометр встановлюють так, щоб конус входив у заглиблення різьби, а вимірювальний наконечник із вирізом охоплював виступ різьби (рис.1.2). Відлік за шкалою мікрометра показує розмір середнього діаметра різьби. [1]

Різьбові калібри

Для контролю внутрішніх різьб застосовують граничні різьбові калібри-пробки. Якщо в отвір не проходить прохідна калібр-пробка або проходить непрохідна калібр-пробка, то деталь вважається браком. У першому випадку брак можна усунути, якщо різьбовий отвір пройдуть новим справним мітчиком, який збільшить діаметр різьби. У другому випадку брак непоправний. Якість зовнішньої різьби перевіряють різьбовими калібрами-кільцями, різьбовими мікрометрами або різьбомірами. [2]

Контроль різьбових калібрів

Для контролю середнього діаметру різьбових калібрів-пробок використовують метод “трьох дротиків”.

Значно точніше середній діаметр може бути визначений методом трьох дротиків, схема вимірювання якими показана на (рис. 1.3). Діаметр каліброваних дротиків підбирається так, щоб контакт їх з профілем різьби здійснювався на рівні, де ширина впадин дорівнює ширині виступу. Залежно від необхідної точності охоплюваний розмір M може бути виміряний мікрометром, мікрокатором, оптиметром, а середній діаметр вирахований за формулою [3]:

$$d_2 = M - 3 * d + 0.866 * P \quad (2.1)$$

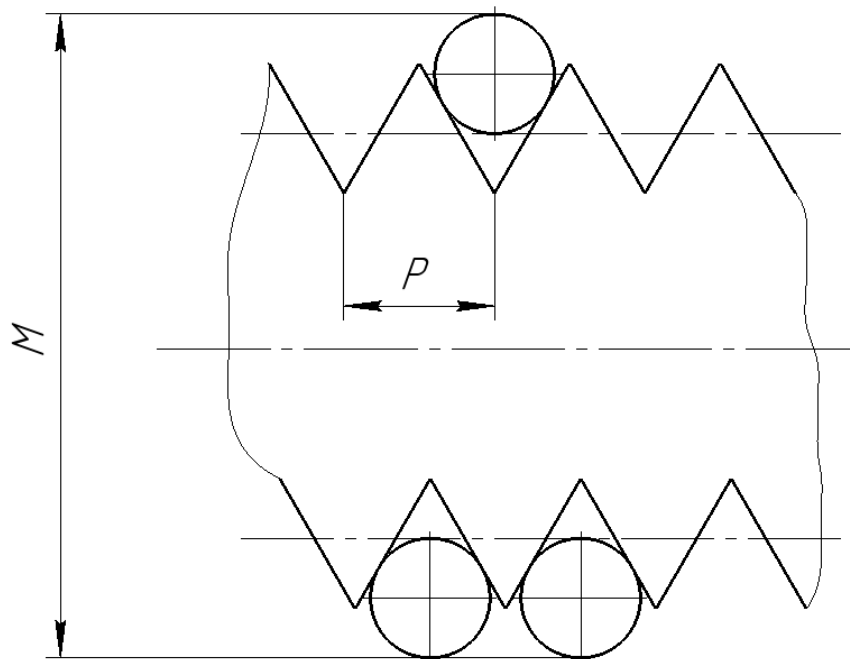


Рисунок 1.3 Вимірювання середнього діаметру різьби методом “трьох дротиків”[3]

1.2 Вибір матеріалу

Для виготовлення прохідної (ПР(21)) та непрохідної (НЕ(22)) калібр-пробок використовується матеріал ХВГ.

Мрка сталі – ХВГ.

Стандарт – ГОСТ 5950

Замінники: 9ХС, ХГ, 9ХВГ, ХВСГ, ШХ15СГ

Таблиця 1.1 Хімічний склад сталі ХВГ

Хімічний елемент	%
Вольфрам (W)	1.2 – 1.6
Кремній (Si)	0.1 – 0.4
Марганець (Mn)	0.8 – 1.1
Мідь (Cu)	до 0.3
Нікель (Ni)	0.4
Сіра (S)	до 0.03
Вуглець (C)	0.9 – 1.05
Фосфор (P)	до 0.03
Хром (Cr)	0.9 – 1.2

Класифікація – сталь інструментальна легуюча. [4]

Використання: вимірюючий та ріжучий інструмент, для якого підвищене короблення при закалці є неприпустиме, протяжки, довгі мітчики, довгі розвертки, холоднопадкові пуансони та матриці, технологічна оснастка. [4]

Твердість матеріала після відпалювання: HB = 255. [4]

2 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ПРОБОК

2.1 Алгоритм розрахунку виконавчих розмірів різьбового калібру

Для розрахунку виконавчих розмірів прохідної та непрохідної калібр пробок використовуємо формули, які надані в ГОСТ 24997-2004. В калібр-пробках по 3 виконавчі розміри:

- зовнішній діаметр
- середній діаметр
- внутрішній діаметр

Також для контролю різьби є межові відхилення:

- на зовнішній діаметр – тільки межові відхилення
- на середній діаметр – межові відхилення та межа зносу
- на внутрішній діаметр – немає

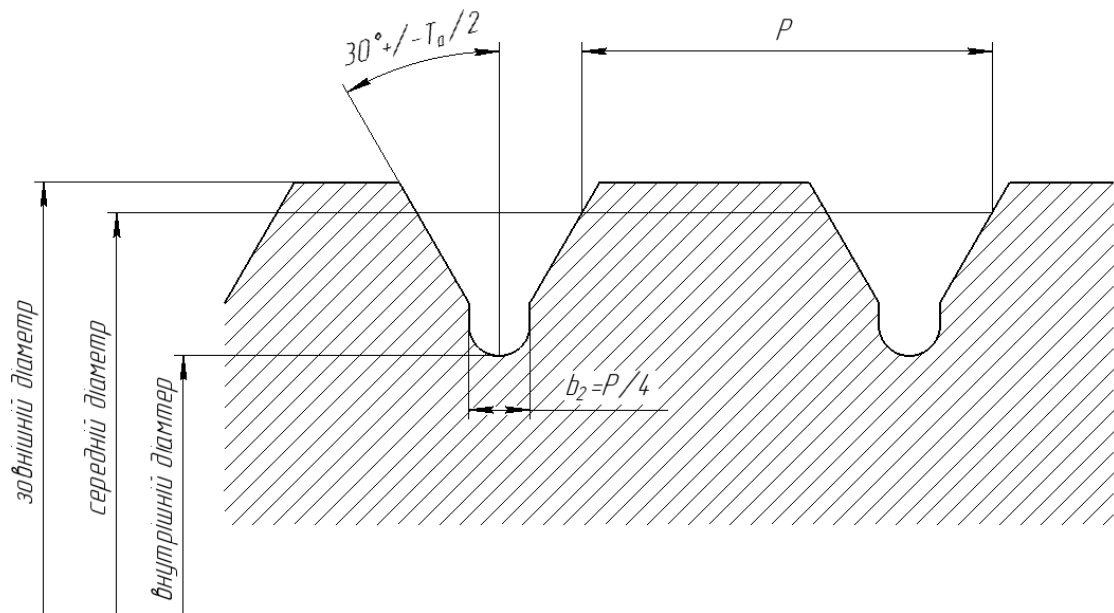


Рисунок 2.1 Профіль різьби прохідного калібру (ПР(21)) [5]

Позначення:

d – номінальний зовнішній діаметр зовнішньої різьби;

d_1 – номінальний внутрішній діаметр зовнішньої різьби;

d_2 – номінальний середній діаметр зовнішньої різьби;

b_2 – ширина канавки різьбового калібру кільця з повним профілем;

D – номінальний зовнішній діаметр внутрішньої різьби;

D_1 – номінальний внутрішній діаметр внутрішньої різьби;

D_2 – номінальний середній діаметр внутрішньої різьби;

EI – нижнє відхилення діаметрів внутрішньої різьби;

F_1 – відстань між лінією середнього діаметру і вершиною скороченого профілю;

T_{PL} – допуск зовнішнього і середнього діаметру різьбового прохідного і непрохідного калібрів-пробок;

W_{NG} – середньо-допустимий зніс різьбових прохідних калібрів-пробок;

W_{G0} – середньо-допустимий зніс різьбових непрохідних калібрів-пробок;

H – висота вихідного трикутника профілю різьби;

$T_{\alpha/2}$ – допуск кута нахилу. [5]

Формули на розрахунок виконавчих розмірів прохідної калібр-пробки , яка за ГОСТом 24997-2004 має аббревіатуру – ПР (21) [5]:

- Зовнішній діаметр
номінальний: $D + EI_D + Z_{PL}$ (2.1)

$$\text{межа відхилення: } (+|-)T_{PL} \quad (2.2)$$

- Середній діаметр

$$\text{номінальний: } D_2 + EI_{D2} + Z_{PL} \quad (2.3)$$

$$\text{межа відхилення: } \frac{(+|-)T_{PL}}{2} \quad (2.4)$$

$$\text{межа зносу: } D_2 + EI_{D2} + Z_{PL} - W_{GO} \quad (2.4)$$

Внутрішній діаметр

$$\text{по канавці або радіусу: } D_1 + EI_{D1} - \frac{H}{6} \quad (2.5)$$

Формули на розрахунок виконавчих розмірів прохідної калібр-пробки ,яка за ГОСТом 24997-2004 має аббревіатуру – HE (22) [5]:

- Зовнішній діаметр

$$\text{номінальний: } D_2 + EI_{D2} + T_{D2} + \frac{T_{PL}}{2} + 2 * F_1 \quad (2.6)$$

$$\text{межа відхилення: } (+|-)T_{PL} \quad (2.7)$$

Середній діаметр

$$\text{номінальний: } D_2 + EI_{D2} + T_{D2} + \frac{T_{PL}}{2} \quad (2.7)$$

$$\text{межа відхилення: } \frac{(+|-)T_{PL}}{2} \quad (2.8)$$

$$\text{межа зносу: } D_2 + EI_{D2} + T_{D2} + \frac{T_{PL}}{2} - W_{NG} \quad (2.9)$$

Внутрішній діаметр

$$\text{по канавці або радіусу: } D_1 + EI_{D1} - \frac{H}{6} \quad (2.10)$$

Визначення складових формул

Для розрахунку потрібні дані:

- 1) номінальний діаметр;
- 2) крок;
- 3) степінь точності;
- 4) основне відхилення;

Проводимо розрахунок [5]:

1. $H = 0,5 * P * \text{tg}(60)$;
2. $D_2, d_2 = D, d - 2 * (3/8) * H$;
3. $D_1, d_1 = D, d - 2 * (5/8) * H$;
4. $d_3 = D, d * 2 * (17/24) * H$;
5. округлення всіх значень до 0.001;
6. За ГОСТот 16093-2004 таблиця 4 вибираємо допуск D_1 , таблиця 6 - для допуску D і таблиця 7 для відхилень D_1 , D_2 ;
7. Рахуємо F_1 за ГОСТ 24997-2004 – $F_1 = 0,1 * P$;
8. Беремо значення T_{PL} , Z_{PL} , W_{GO} (пробка), W_{NG} (пробка) з ГОСТ 24997-2004 табл 5;
9. Всі значення мають бути одного виміру – [мм];
10. Підставляємо значення в формули (2.1-2.10).

2.2 Розрахунок параметрів калібру для М8 і розробка робочих креслень

Алгоритм розрахунку калібр-пробки на прикладі М8-6Н

1. Введення номінального діаметру різьби (метрична) – $D, d = 8$ мм;

2. Введення кроку – $P = 1,25$;

3. Розрахунок висоти та діаметрів профілю:

- $H = 0,5 * P * \text{tg}(60)$;

$$H = 0,5 * 1,25 * \text{tg}(60) = 1,083$$

- (або) $H = 0,866025404 * P$;

$$H = 0,866025404 * 1,25 = 1,083$$

- $D, d = D, d - (5/8) * H$;

$$D, d = 8 - (5/8) * 0,866 = 7.323 \text{ mm};$$

- $D_2, d_2 = D, d - 2 * (3/8) * H$;

$$D_2, d_2 = 8 - 2 * (3/8) * 0,866 = 7.188 \text{ mm};$$

- $D_1 = D, d - 2 * (17/24) * H$;

$$D_1 = 8 - 2 * (5/8) * 0,866 = 6,647 \text{ mm};$$

4. Округлення всіх розрахункових значень кратному 0,001;

5. За ГОСТ 16093-2004 таблиця 4 (для допуску D_1), таблиця 6 (для допуску

D_2) і таблиця 7 (для відхилень D_1, D_2)

$$T_{D1} = 265 \text{ мкм},$$

$$T_{D2} = 160 \text{ мкм},$$

$$EI_{D1} = 0,$$

$$EI_{D2} = 0.$$

$$TD = ES - EI,$$

$$ES_{D1} = 265 \text{ мкм},$$

$$ES_{D2} = 160 \text{ мкм},$$

6. Рахуємо F_1 за ГОСТ 24997-2004:

$$F_1 = 0,1 * P$$

$$F_1 = 0,1 * 1,25 = 0,125 \text{ мм}$$

7. Округляємо значення F_1 до 0,001

8. Беремо значення T_{PL} , Z_{PL} , W_{GO} (пробка), W_{NG} (пробка) з ГОСТ 24997-2004 табл 5: (значення вибрав по більшому значенню T_D)

$$T_{PL} = 11 \text{ мкм}$$

$$Z_{PL} = 12 \text{ мкм}$$

$$W_{GO} \text{ (пробка)} = 17,5 \text{ мкм}$$

$$W_{NG} \text{ (пробка)} = 11,5 \text{ мкм}$$

9. Всі значення мають бути однієї одиниці виміру – мм.

10. Проводимо розрахунки ПР (21) і НЕ (22) за формулами (2.1-2.10)

ПР (21)

- Зовнішній діаметр

$$D + EI_D + Z_{PL} = 7.323 + 0 + 0,012 = 7.335 \text{ мм}$$

$$(+|-)T_{PL} = (+|-) 0,011 \text{ мм}$$

- Середній діаметр

$$D_2 + EI_{D2} + Z_{PL} = 7.188 + 0 + 0,012 = 7,200 \text{ мм}$$

$$\frac{(+|-)T_{PL}}{2} = \frac{(+|-) 0,011}{2} = (+|-) 0,0055 \text{ мм}$$

$$D_2 + EI_{D2} + Z_{PL} - W_{GO} = 7.188 + 0 + 0,012 - 0,0175 = 7,183 \text{ мм}$$

- Внутрішній діаметр

$$D_1 + EI_{D1} - \frac{H}{6} = 6.647 + 0 - \frac{1,083}{6} = 6,467 \text{ мм}$$

НЕ (22)

- Зовнішній діаметр

$$D_2 + EI_{D2} + T_{D2} + \frac{T_{PL}}{2} + 2 * F_1 = 7.188 + 0 + 0,16 + \frac{0,011}{2} + 2 * 0,125 =$$
$$= 7,603 \text{ мм}$$

$$(+|-)T_{PL} = (+|-) 0,011 \text{ мм}$$

- Середній діаметр

$$D_2 + EI_{D2} + T_{D2} + \frac{T_{PL}}{2} = 7.188 + 0 + 0,16 + \frac{0,011}{2} = 7,353 \text{ мм}$$

$$\frac{(+|-)T_{PL}}{2} = \frac{(+|-)0,011}{2} = (+|-) 0,0055 \text{ мм}$$

$$D_2 + EI_{D2} + T_{D2} + \frac{T_{PL}}{2} - W_{NG} = 7.188 + 0 + 0,16 + \frac{0,011}{2} - 0,0115 = 7,342 \text{ мм}$$

- Внутрішній діаметр

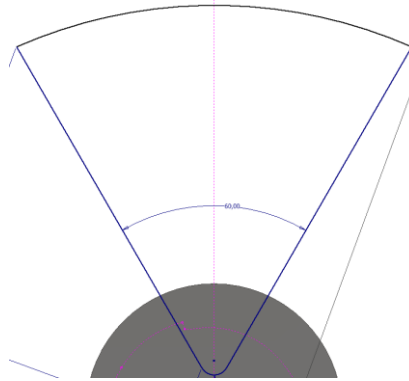
$$D_1 + EI_{D1} - \frac{H}{6} = 6.647 + 0 - \frac{1,083}{6} = 6,467 \text{ мм}$$

2.3 Автоматизоване проектування

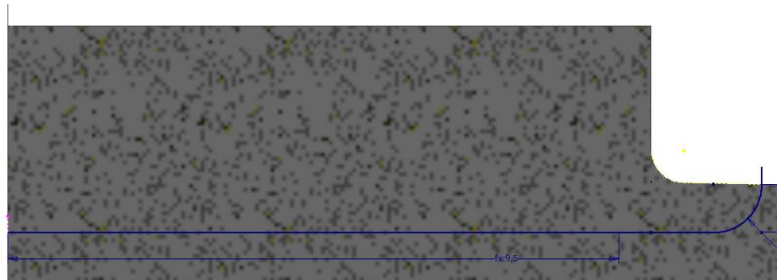
Сьогодні в машинобудуванні відбувається цілий ряд позитивних технологічних змін. Автоматизоване проектування стає невід'ємною частиною процесу створення все більшої кількості технічних об'єктів, що нас оточують. Постійне вдосконалення САД-систем сприяє подальшому прогресу в сфері проектування і розроблення. Принципово нове обладнання тепер може бути створене значно швидше, ніж коли-небудь раніше. Потужні пакети програм дозволяють запропонувати замовникові рішення, які повністю відповідають його потребам. Уже практично нікого не потрібно переконувати у тому, що використання комп'ютерних технологій дозволяє не тільки істотно скоротити тривалість проектно-конструкторських робіт, але і зовсім по-новому реалізувати самі проектні процедури, у результаті чого можуть бути знайдені більш ефективні технічні рішення, одержати які традиційними методами іноді просто неможливо. [11]

Inventor – це інженерний пакет для конструювання машин і механізмів, що використовує можливості операційної системи Microsoft Windows. Інструментальні засоби Autodesk Inventor забезпечують повний цикл конструювання і створення конструкторської документації. Серед систем середнього рівня Inventor,- це перший пакет, що переступив рубіж у 10000 компонентів і зараз наближається до цифри 15000. [11]

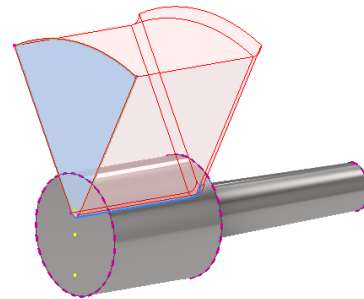
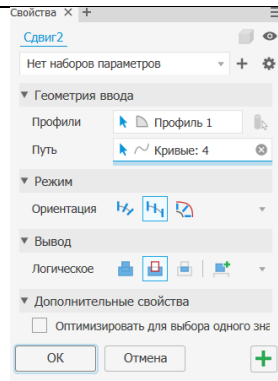
5. Створення профілю фаски, для подальшого видалення матеріалу



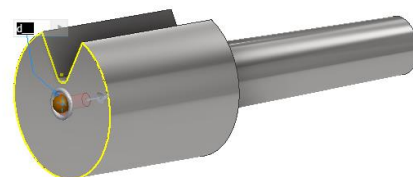
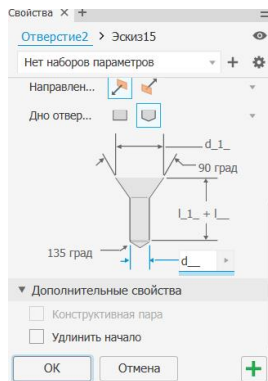
6. Створення шляху видалення матеріалу фаскою



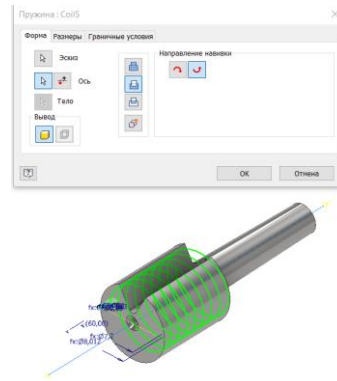
7. Видалення матеріалу операцією “Сдвиг”, використовуючи профіль фаски п.5 та шлях п.6



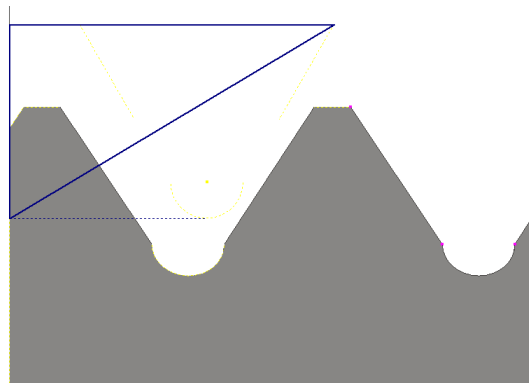
8. Створення центрального отвору, операцією “Отверстие”, використовуючи параметричні значення



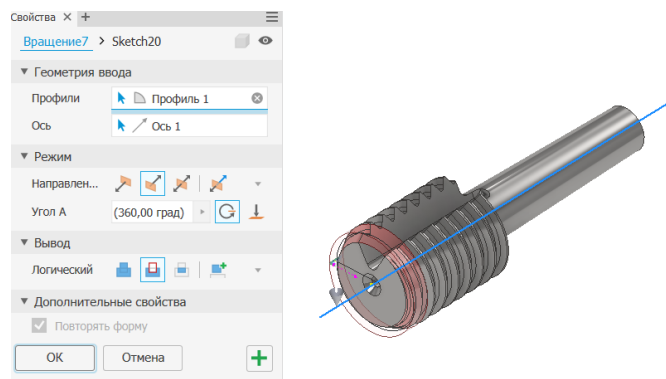
9. Створення різьби, операцією “Пружина”, використовуючи п.4 та параметричні значення



10. Створення ескізу зшліфування до повного профілю



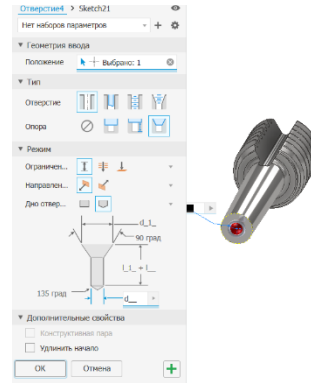
11. Створення затилування, операцією “Вращение” та п.11



12. Створення зшліфування з іншого боку, операцією “Симметрическое отображение”, використовуючи п.12 та площу симетрії



13. Створення центрального отвору, операцією “Отверстие”, використовуючи параметричні значення

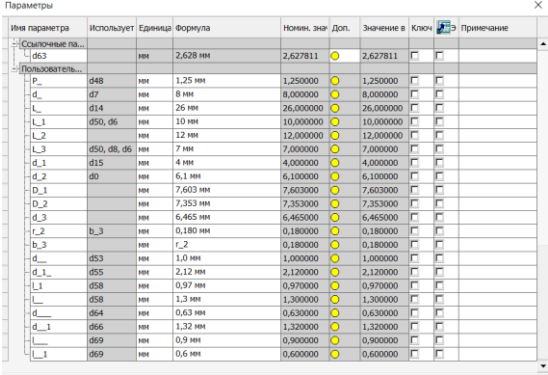
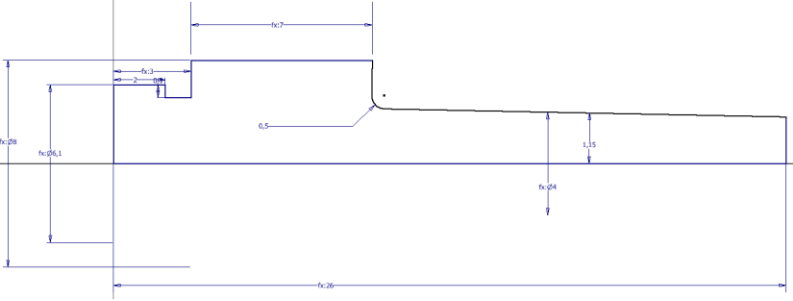
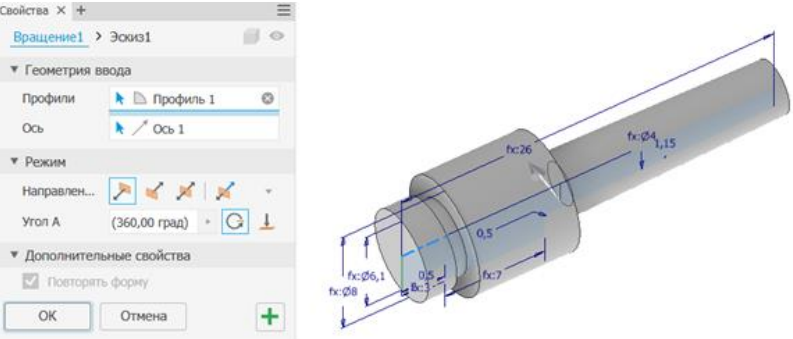
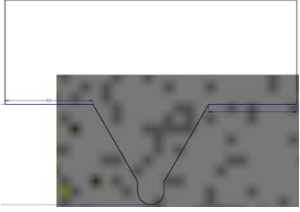


Рендер готовой 3-Д модели, полученного способом рендеру в “Среды\Inventor Studio\Визуализация\Визуализация изображения”

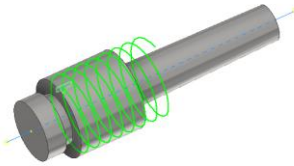
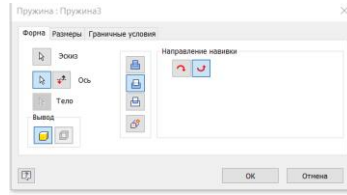


2.3.2 Розробка 3-Д моделі непрохідного калібру HE(22)

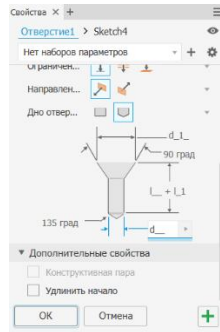
Таблиця 2.2. 3-Д проектування непрохідного калібру

Пояснення	Рисунок
<p>1. Додання значень в параметри моделі</p>	
<p>2. Створення ескізу пробки, використовуючи параметричні значення</p>	
<p>3. Створення тіла калібру, операцією "Вращение"</p>	
<p>4. Створення профілю різьби, використовуючи значення прораховані програмою на 3 діаметри: зовнішній, середній та внутрішній</p>	

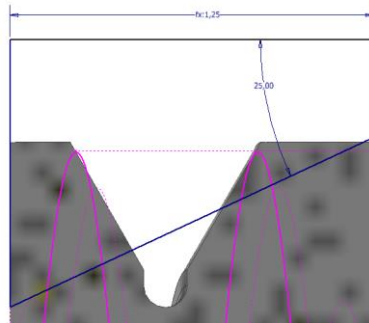
5. Створення різьби, операцією “Пружина”, використовуючи п.4 та параметричні значення



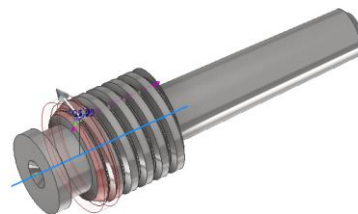
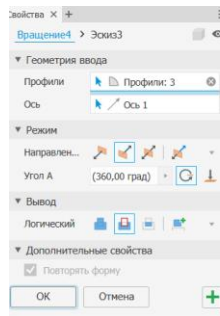
6. Створення центрального отвору, операцією “Отверстие”, використовуючи параметричні значення



7. Створення ескізу зшліфування до повного профілю

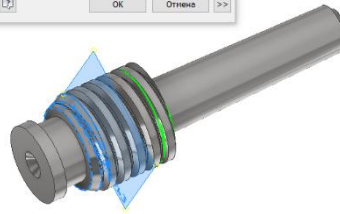
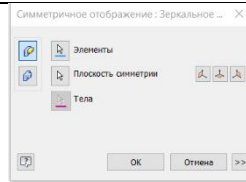


8. Створення затилування, операцією “Вращение”та п.7

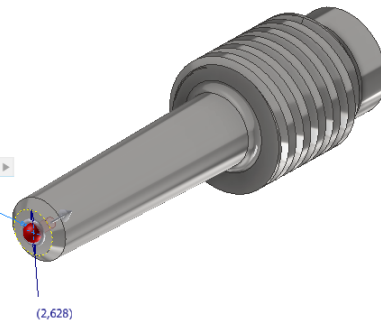
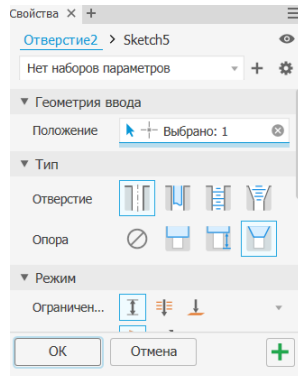


9. Створення зшліфування з іншого

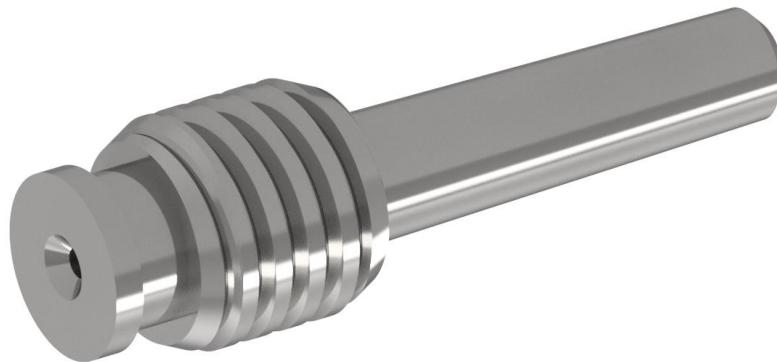
боку, операцією “Симметрическое отображение”, використовуючи п.8 та площу симетрії



10. Створення центрального отвору, операцією “Отверстие”, використовуючи параметричні значення



Рендер готовой 3-Д модели, полученного способом рендеру в “Среды\Inventor Studio\Визуализация\Визуализация изображения”



3 ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ РІЗЬБОВИХ КАЛБРІВ

3.1 Розрахунок похибок базування

Базування відбувається за осьовими отворами.

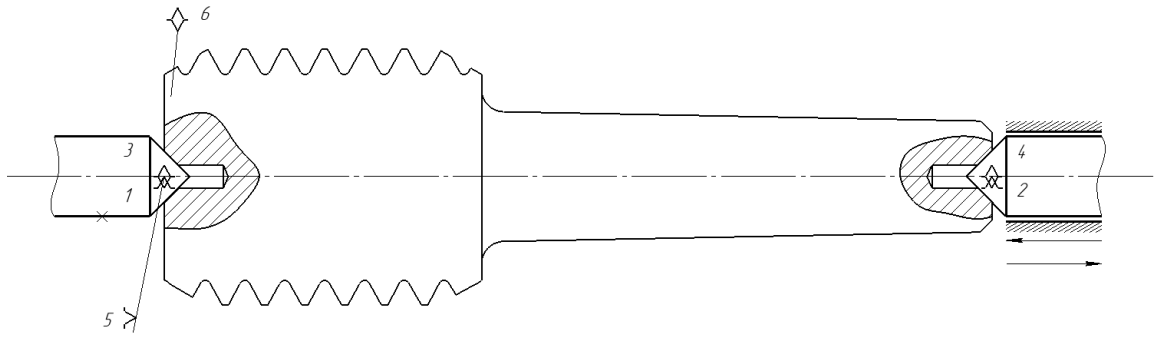


Рисунок 3.1 – Базування по центровим отворам

ε_L – похибка по довжині

Похибка базування дорівнює похибці на довжину.

$$\varepsilon_L = +0.21 \text{ мм}$$

3.2 Вимоги до точності

- діаметр посадкового отвору – Н6;
- загальної довжини, довжини робочої частини, довжини хвостовика – h9;
- розміри та значення точності різьби розраховуються за ГОСТом 24997-2004, розділ 2:

ПР (21)

- Зовнішній діаметр

$$(+|-)T_{PL} = (+|-) 0,011 \text{ мм}$$

- Середній діаметр

$$\frac{(+|-)T_{PL}}{2} = \frac{(+|-) 0,011}{2} = (+|-) 0,0055 \text{ мм}$$

- Внутрішній діаметр

не має допуску

HE (22)

- Зовнішній діаметр

$$(+|-)T_{PL} = (+|-) 0,011 \text{ мм}$$

- Середній діаметр

$$\frac{(+|-)T_{PL}}{2} = \frac{(+|-)0,011}{2} = (+|-) 0,0055 \text{ мм}$$

- Внутрішній діаметр

не має допуску

3.3 Розрахунок припусків на обробку

Мінімальний припуск при обробці зовнішніх та внутрішніх поверхонь обертання визначаються за формулою

$$2z_{i \min} = 2(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{p_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2})$$

де: $2z_{i \min}$ – мінімальний припуск на дві сторони чи по діаметру;

Rz_{i-1} – висота нерівностей профілю на попередньому переході;

T_{i-1} – глибина дефектного поверхневого шару на попередньому переході;

p_{i-1}^2 – сумарне значення просторових відхилень на елементарній поверхні на попередньому переході;

ε_{yi}^2 – похибка установки заготовки на даному переході.

Так як ми не знаємо напрямки векторів ρ та ε їх значення визначають за формулами

$$p_{i-1} = \sqrt{\Delta_{cmi-1}^2 + p_{kopi-1}^2}$$

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2}$$

Таблиця 3.1. Розрахунок припусків та міжопераційних розмірів на механічну обробку

Технологічні переходи	Елементи припуску, мм				Розрахунковий припуск $2z_{min}$	Допуск ТД, мкм	Розрахунковий розмір, мм	Розміри переходам		Граничні припуски	
	R_z	T	ρ	ε				D_{max}	D_{min}	$2z_{max}$	$2z_{mix}$
	мм	мм	мм	мм				мм	мм	мкм	мкм
Заготовка сортового прокату з	125	150	96.6	237.5	-	1100	8	8.5	9	-	-
Обточування чорнове	63	60	51.3	-	593	180	7,9	7,95	8,1	1950	1030

Обточування чистове	20	30	37.9	-	348,6	70	7,8	7,85	7,75	350	240
Шліфування чистове	0,8	12	35.2	-	199,8	11	7,666	7,677	7,655	22	22

3.4 Розрахунок зусиль різання

Вихідні данні: матеріал – ХВГ, інструмент – різець прохідний з пластиною з твердого сплаву.

При параметрі шорсткості $Ra=3,2$ мкм включно приймають глибину різання $t=0,5 - 2,0$ мм. Приймаємо глибину $t=1$ мм.

Згідно табл. 11[12] призначаємо подачу s . При розмірі державки різця 16×10 мм та глибині різання до 3 мм вибираємо подачу $0,3 - 0,4$ мм/об. Приймаємо $s=0,3$ мм/об.

Швидкість різання при точінні розраховується за формулою:

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

Значення коефіцієнта та показники степені беремо з таблиці 17 [12]:

$$C_v = 420, x = 0.15, y = 0.20, m = 0.20$$

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{PV} \cdot K_{IV}$$

$$K_{MV} = 0.7 \cdot \left(\frac{750}{960}\right)^1 = 0.47$$

$$K_v = 0.47 \cdot 0.9 \cdot 1 = 0.423$$

$$v = \frac{420}{30^{0.2} \cdot 1^{0.15} \cdot 0.3^{0.2}} \cdot 0.423 = 118 \frac{\text{м}}{\text{ХВ}}$$

Силу різання прийнято розкладувати на складові сили, що направлені по осях координат верстата (тангенційну P_z , радіальну P_y та осьову P_x). При зовнішньому поздовжньому точінні ці складові розраховуються за формулою

$$P_{z,y,x} = 10 * C_p * t^x * s^y * v^n * K_p$$

Вибираємо значення коефіцієнтів та показники степенів в залежності від складової сили різання, що розраховується.

$$P_z = 10 * 300 * 1^1 * 0.3^{0.75} * 118^{-0.15} * 1.2 = 704 \text{ Н}$$

$$P_y = 10 * 243 * 1^{0.9} * 0.3^{0.6} * 118^{-0.3} * 1.2 = 341.5 \text{ Н}$$

$$P_x = 10 * 339 * 1^1 * 0.3^{0.5} * 118^{-0.4} * 1.2 = 331.9 \text{ Н}$$

Розрахуємо потужність:

$$N = \frac{P_z * v}{1020 * 60} = \frac{704 * 118}{1020 * 60} = 1.35 \text{ кВт}$$

Визначимо режими різання при шліфуванні

Основними параметрами різання при шліфуванні:

- швидкість обертального або поступального руху заготовки V_z , м/хв;
- глибина шліфування t , мм – шар металу, що знімається периферією або
- торцем круга в результаті поперечної подачі на кожний хід або подвійний хід;
- поздовжня подача s – переміщення шліфувального круга в напрямку його вісі в мм/об заготовки при круглому шліфуванні.

За таблицею 55 [12] визначимо ці параметри:

для круглого зовнішнього шліфування інструментальних сталей $V_k=30 -$

35 м/с; $V_z=20 - 40$ м/хв.; радіальна подача $s_p=0,001 - 0,005$ мм/об.

Ефективна потужність при врізному шліфуванні периферією круга розраховується за формулою:

$$N = C_N * V_3^r * s_p^y * d^q * b^z$$

де d – діаметр шліфування, d=8 мм;

b – ширина шліфування, рівна довжині ділянки заготовки, що шліфується, при круглому врізному шліфуванні, b=70 мм.

Значення коефіцієнту C_N та показників степенів у формулі вибираємо згідно табл. 56 [12]: $C_N=0,14$; $r=0,8$; $y=0,55$; $q=0,2$; $z=1,0$

$$N = 0.14 * 30^{0.8} * 0.005^{0.55} * 70 * 1 * 8^{0.2} = 12.2 \text{ кВт}$$

Таблиця 3.2 Режими різання при виготовленні інструмента

Операція	Найменування операції	Режими різання				
		t, мм	S, мм/об (мм/хв)	V, м/с	P, Н	N, кВт
005	Токарна: підрізання торця, точіння фаски, підрізання частини робочої частини, центрування та обробка хвостової частини по контуру з припуском на шліфування і відрізання	1	0,3	118	704	1,35

010	Токарна: підрізання торця, точіння фаски, обробка робочої частини з припуском на шліфування, центрування	1	0,3	118	704	1,35
015	Термічна	0,01	1,5	40	-	10
020	Піскоструйова: очистити від окалин	-	-	-	-	-
025	Фрезерна: Профре- зирувати впадини	-	-	-	-	-
030	Шліфувальна: шліфувати впадину	0,04	0,05	25	-	0,13
035	Шліфувальна: шліфувати хвостовик	0,04	0,05	25	-	0,13
040	Токарна: нарізати різьбу з припуском розрахунку на виконавчі розміри * 3, нарізати лиску	0,1	0,3	118	704	1,35
045	Шліфувальна: шліфувати зовнішній діаметр в розмір кресленню, захід різьби знімати з двох сторін до	-	0,02	40	-	9

	повного профілю					
050	Шліфувальна: шліфувати профіль різьби з врахуванням допуску	-	0,02	40	-	9

3.5 Шліфувальний круг

Круги для шліфування – ріжучий абразивний інструмент, який використовується на шліфувальних машинах, верстатах і при ручній обробці різних видів поверхонь. Такі вироби є пористими тілами, що містять зерна абразивних матеріалів, а також штучні і природні сполучні елементи. [7]

Зерна шліфувальних кругів можна порівняти з зубами в звичайній пилиці, так як вони виконують одні й ті ж завдання. Відмінність цих двох інструментів полягає в тому, що на абразивному виробі зерна "розкидані" по його периметру, а зуби, пили, як відомо, знаходяться виключно по її краях. [7]



Рисунок 3.2 – Шліфувальні круги

Для обробки матеріалу ХВГ використовуються ельборові круги.

Ельборові круги

Ельборовий інструмент по твердості близький до алмазу, але по деяким іншим характеристикам його перевершує. Цей матеріал має кілька торгових назв: ельбор (утворено поєднанням слів Ленінград і бор) киборит, кінгонгіт, к'юбон, боразон (найближче до формули речовини). Кубічний нітрат бору з хімічною формулою BN, від якої утворена аббревіатура (CBN в зарубіжному написанні, КНБ - в російській) - жовті прозорі кристали. [8]

Твердість ельбору - $(800-900) \times 10^2$ МПа, у алмазу цей показник - 1000×10^2 МПа, а мікротвердість будь-яких інших абразивів нижче в кілька разів. Крім цього переваги, у ельбор хімічна і термічна стійкість вище алмазної. Якщо алмаз починає окислюватися вже при температурі $600-700^\circ \text{C}$, боразон здатний витримати підвищення температури до $1000-1200^\circ \text{C}$. [8]



Рисунок 4.2 Ельборові круги

Матеріал інертний до елементів, що включаються до складу легованих сталей, не реагує на лугу і кислоти. Ще один плюс - інертність до заліза, в якому алмаз може розчинитися. Цим пояснюється те, що ельборові кола краще алмазних при шліфуванні сталей. [8]

Переваги ельборових кіл перед іншими витратними інструментами:

- щільна структура, в 4-5 вище інших абразивних матеріалів, крім алмазу;
- тривалий термін експлуатації;

- вартість нижче алмазних інструментів;
- структура ельбор дозволяє проводити більш м'яку, ніж у алмазу, заточку і обробку - це зменшує ризик шлюбу і псування виробу;
- дуже довго зберігається гострота зерен, завдяки чому стійкість і ріжуча здатність круга не змінюється;
- здатність витримувати значні термічні навантаження дає можливість інтенсифікації режимів шліфування;
- шліфування сложнолегірованих сплавів і сталей відбувається без дифузії і адгезії зерен матеріалу. [8]

Ці переваги дозволяють широко використовувати матеріал в промисловості, особливо в машинобудуванні і верстатобудуванні. [8]

Застосування ельборових кіл

Основна область використання інструменту - шліфування і заточування, застосовується він і як самостійне знаряддя, і як елемент шліфувальних машин. Ефективні кола при обробці малих отворів, профільних, зубчастих, гвинтових і різьбових напрямних, інших виробів, для яких важливо дотримання заданої геометричної точності. [8]

За допомогою ельборових кіл виконується доведення і заточка ріжучого інструменту, виготовленого з швидкорізальних сталей (в тому числі стрічкових пилок), суперфінішування сталей загартованих, зубошліфування і різьбошліфування. [8]

Ельборові шліфувальні круги краще за інших абразивних матеріалів служать при обробці деталей з цементованих, тяжколегуючих, підшипникових, азотованих, і штампових сталей з високим вмістом кобальту, ванадію, вольфраму, молібдену. [8]

Високопористі кола ефективні при роботі і з менш твердими сплавами, основою яких служить нікель, і зносостійкими покриттями: детонаційних, плазмових, загартованого чавуну і хрому. [8]

Використання боразонових кіл підвищує якість і точність обробки, збільшує продуктивність і приносить значну економію. [8]

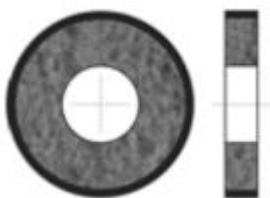
Вимоги ГОСТ

Шліфувальні ельборові кола виготовляються відповідно до ГОСТу 24106-80, в якому обговорюються вимоги до ельборовмістному шару і корпусу, вказується відносна концентрація, зернистість і марка ельбор. Розміри і типи кіл визначаються ГОСТ-ом 17123, а швидкості, при яких використовується інструмент, визначаються його механічну міцність і можуть відповідати 60, 50, 45 або 35 метрам в секунду. [8]

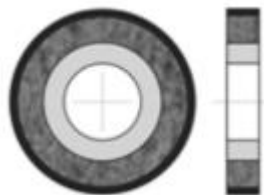
Корпус кола

Як матеріал корпусу використовується кераміка або метал, по міцності і жорсткості відповідають вимоги безпеки. Від матеріалу корпусу залежить максимальна швидкість роботи верстата: [8]

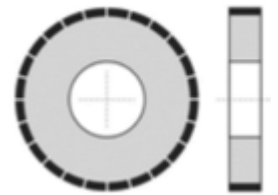
- керамічний корпус - до 60 м / с;
- кераміка, яка вклеєна в корпус зі сталі - 80 м / с;
- металевий корпус - 125 м / с.



Керамічний корпус



Керамічний корпус
з вклеєним сталевим кільцем

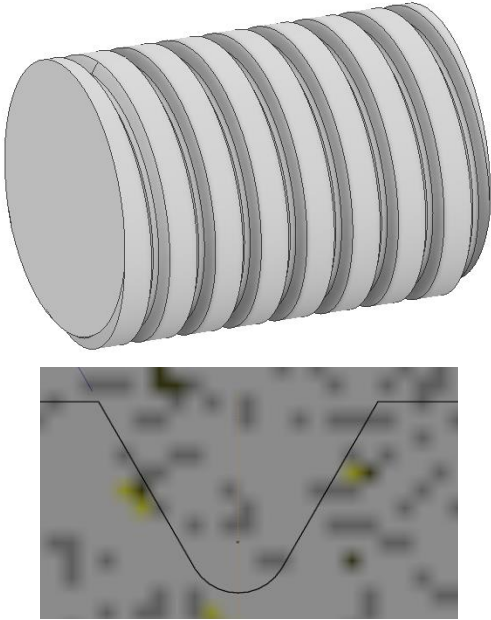
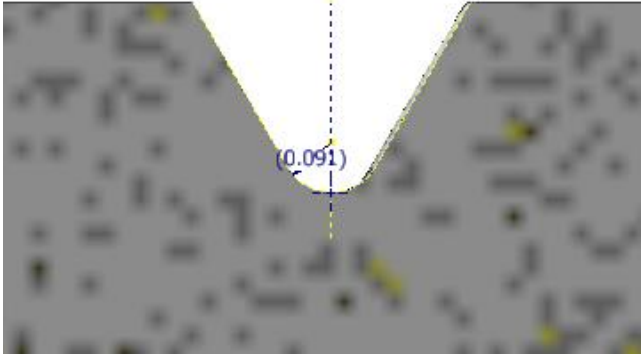


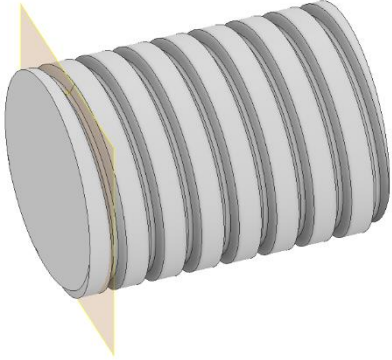
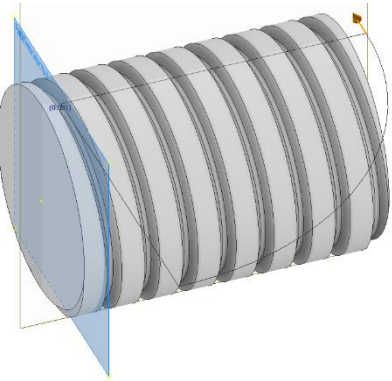
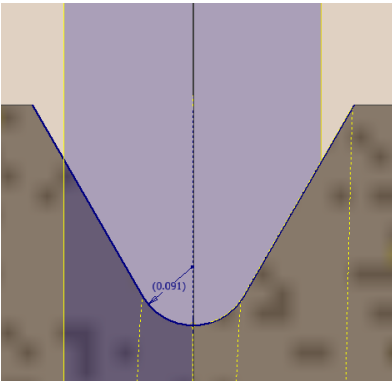
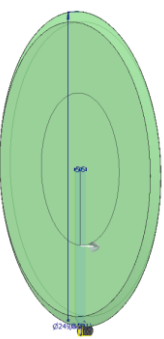
Сталевий корпус

3.5.1 Профілювання шліфувального круга для обробки різьби калібрів

Для виконання профілювання використаємо програму AUTODESK INVENTOR

Таблиця 3.3 Профілювання шліфувального круга

Пояснення	Рисунок
<p>1. Для профілювання круга треба мати як мінімум один виток різьби. При шліфуванні лиска не шліфується, отже профіль різьби робимо до початку лиски, а на кінцях - заокруглюємо</p>	 <p>The image shows a 3D perspective view of a cylindrical part with a single thread. Below it is a 2D cross-sectional profile of the thread, showing a V-shaped groove with rounded ends.</p>
<p>2. Створюємо вертикальну лінію через середину профілю, який було побудовано в п.1</p>	 <p>The image shows the 2D cross-sectional profile from the previous step. A vertical dashed line is drawn through the center of the thread profile. A dimension line indicates a distance of 0.091 from the centerline to the bottom of the thread.</p>

<p>3. Створюємо площину паралельно торцю через вертикальну лінію, побудовану в п.2</p>	
<p>4. Проводимо площину, яка є перпендикулярною до кута різьби з кутом $90+\varphi$</p> $\varphi = \tan^{-1} \left \frac{P}{\pi * d} \right $	
<p>5. Проекціюємо отриманий профіль різьби</p>	
<p>6. Згідно ГОСТ-у 2424-83 будуємо шліфувальний круг, використовуючи конструктивні розміри</p>	

7. Створюємо
спрофільовану 3-Д
модель шліфувально
кругу для прохідної
пробки

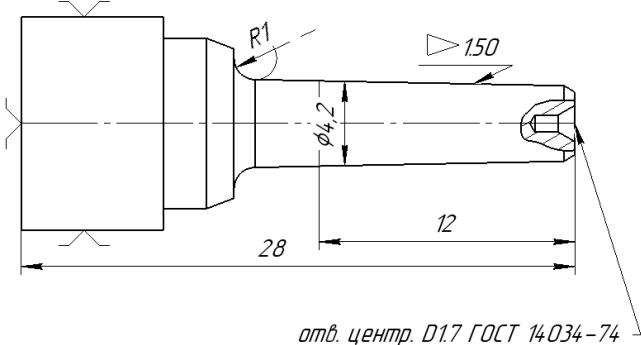
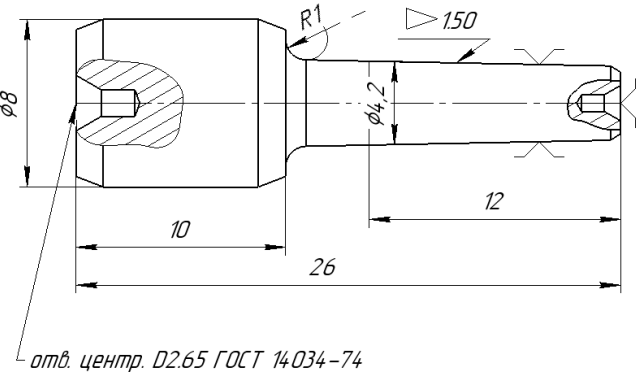


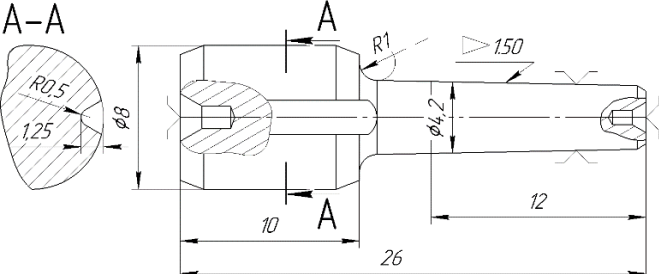
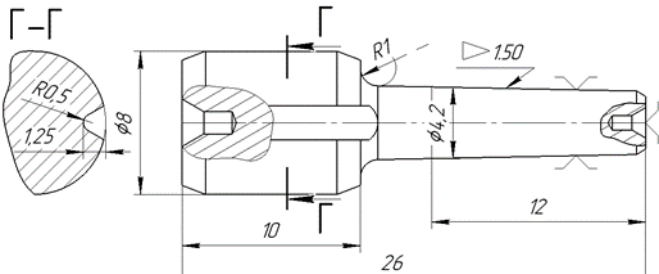
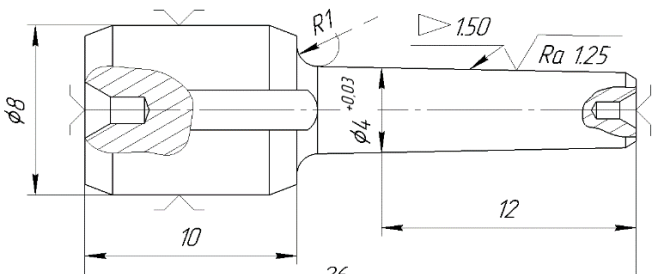
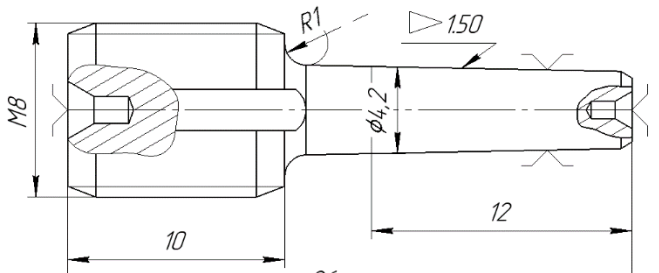
3.6 Графічне зображення технологічного процесу калібр-пробки

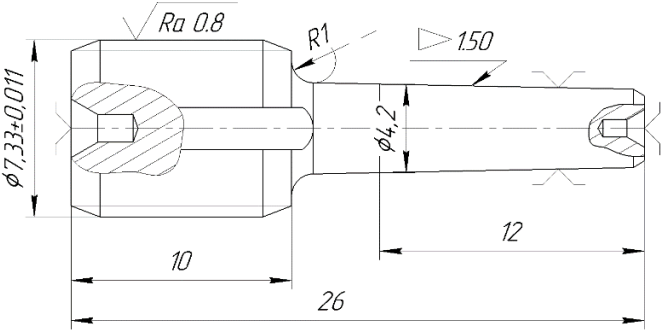
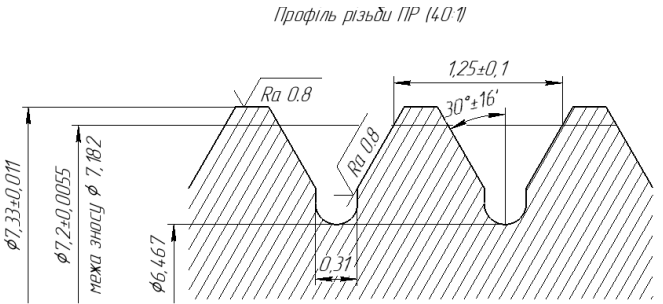
ПР(21)

Метод відрізання вибираємо відрізання на токарному верстаті з ЧПК. Вид заготовки – пруток, ХВГ - матеріал.

Таблиця 3.4 Технологічний процес виготовлення калібру ПР(21)

Операція	Найменування операції	Ескіз	Обладнання
005	Токарна: підрізання торця, точіння фаски, підрізання частини робочої частини, центрування та обробка хвостової частини по контуру з припуском на шліфування і відрізання		Токарний ЧПУ DMG MORI CTX 310 ecoline
010	Токарна: підрізання торця, точіння фаски, обробка робочої частини з припуском на шліфування, центрування		Токарний ЧПУ DMG MORI CTX 310 ecoline
015	Термічна		Агрегат для термообробки

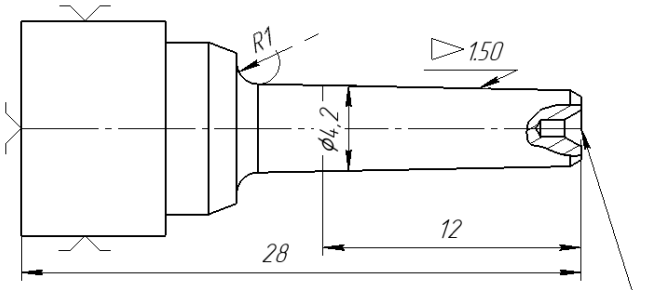
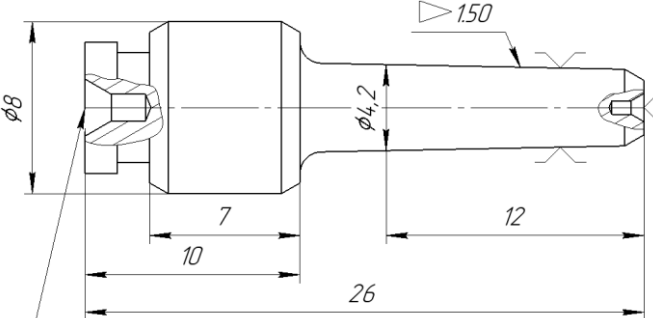
020	Піскоструйова: очистити від окалин		TORIN TRG4222- W
025	Фрезерна: Профре- зирувати впадини		FW350MR
030	Шліфувальна: шліфувати впадину		Кругло- шліфува- льний напів- автомат 3E642
030	Шліфувальна: шліфувати хвостовик		Кругло- шліфува- льний напів- автомат 3E642
035	Токарна: нарізати різьбу з припуском розрахунку на виконавчі розміри * 3, нарізати лиску		Токарний ЧПУ DMG MORI CTX 310 ecoline
040	Шліфувальна: шліфувати зовнішній діаметр В		Кругло- шліфува- льний напів-

	<p>розмір кресленню, захід різьби знімати з двох сторін до повного профілю</p>		<p>автомат 3Е642</p>
<p>045</p>	<p>Шліфувальна: шліфувати профіль різьби з врахуванням допуску</p>	<p>Профіль різьби ПР (40°)</p> 	<p>Різьбо-шліфувальний верстат 5К822В</p>

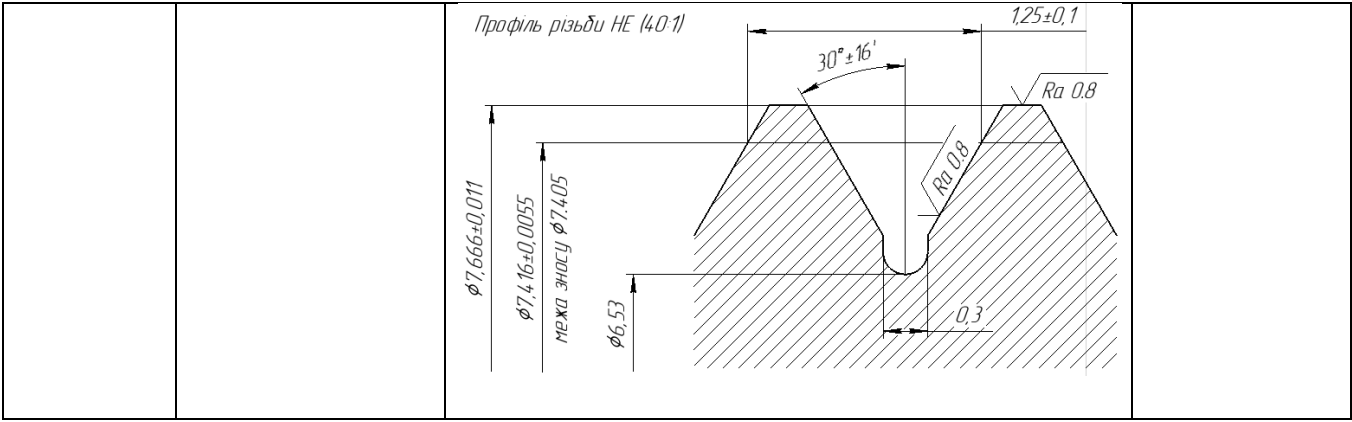
3.7 Графічне зображення технологічного процесу калібр-пробки HE(22)

Метод відрізання вибираємо відрізання на токарному верстаті з ЧПК. Вид заготовки – пруток, ХВГ - матеріал.

Таблиця 3.5 Технологічний процес виготовлення калібру HE(22)

Операція	Найменування операції	Ескіз	Обладнання
005	Токарна: підрізання торця, точіння фаски, підрізання частини робочої частини, центрування та обробка хвостової частини по контуру з припуском на шліфування і відрізання	 <p>отв. центр. D1.32 ГОСТ 14034-74</p>	Токарний ЧПУ DMG MORI CTX 310 ecoline
010	Токарна: підрізання торця, точіння фаски, обробка робочої частини з припуском на шліфування, центрування	 <p>отв. центр. D2.65 ГОСТ 14034-74</p>	Токарний ЧПУ DMG MORI CTX 310 ecoline
015	Термічна		Агрегат для термо-обробки

020	Пікоструйова : очистити від окалин		TORIN TRG4222- W
025	Шліфувальна: шліфувати хвостовик		Кругло- шліфува- льний напів- автомат 3E642
030	Токарна: нарізати різьбу з припуском 0,2 мм, нарізати лиску		Токарний ЧПУ DMG MORI CTX 310 ecoline
035	Шліфувальна: шліфувати зовнішній діаметр в розмір кресленню, захід різьби знімати з двох сторін до повного профілю		Кругло- шліфува- льний напів- автомат 3E642
040	Шліфувальна: шліфувати профіль різьби з врахуванням допуску		Різьбо- шліфува- льний верстат 5K822B



4 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ОБРОБКИ РІЗЬБОВИХ КАЛІБРІВ НА ВЕРСТАТАХ З ЧПК

4.1 Характеристика обладнання

Висока економічна ефективність ЧПУ верстатів обумовлює їх широке застосування у всіх галузях. Автоматизація не оминула й підприємства важкої промисловості, до якої відносяться металургія, машинобудування, металообробка, інструментальне виробництво ... Завдяки комп'ютерному управлінню верстати з ЧПУ забезпечують більш швидку і якісну обробку деталей. При цьому скорочуються виробничі витрати і терміни виготовлення продукції. [10]

ЧПУ верстати – це оптимальне рішення як для виготовлення штучних деталей, так і для серійного виробництва. У них ефективно поєднуються технологічні та цифрові можливості, що сприяє збільшенню гнучкості виробничого процесу. [10]



Рисунок 4.1 Верстат з ЧПК DMG MORI CTX 310 ecoline [9]

Таблиця 4.1 Характеристики верстату з ЧПК DMG MORI CTX 310 ecoline

Головний шпиндель	
Макс. частота обертання шпинделя	5.000 об/хв
Потужність (тривалість включення 100%)	11 кВт
Крутний момент (тривалість включення 100%)	112 Нм
Діаметр шпинделя в передньому підшипнику	100 мм
Макс. діаметр оброблюваного прутка	65 мм
Робоча зона	
Макс. діаметр заготовки	330 мм
Макс. діаметр точіння	200 мм
Макс. довжина заготовки при обробці в центрах	455 мм
Макс. діаметр затискного патрона	210 мм
Револьверна головка (стандартне виконання)	
Число інструментальних позицій по VDI / DIN 69880	12
Кількість приводних інструментів / макс. частота обертів	12/4500 об/хв
Потужність (тривалість включення 100%)	8 кВт
Крутний момент (тривалість включення 100%)	20 Нм
Супорт револьверної головки	
Прискорений хід осей X / Y / Z	30/-/30 м/хв
Вага	
CTX 310 ecoline V1 без транспортера стружки	3.400 кг
CTX 310 ecoline V3 без транспортера стружки	3.600 кг
Транспортер стружки CTX 310 ecoline	370 кг

4.2 Створення керуючої програми на верстат з ЧПК

Для створення керуючої програми, яка є g-code, виготовлення деталі скористаємось 2 продуктами компанії “AUTODESK”: “Fusion” та “Inventor Pro”.

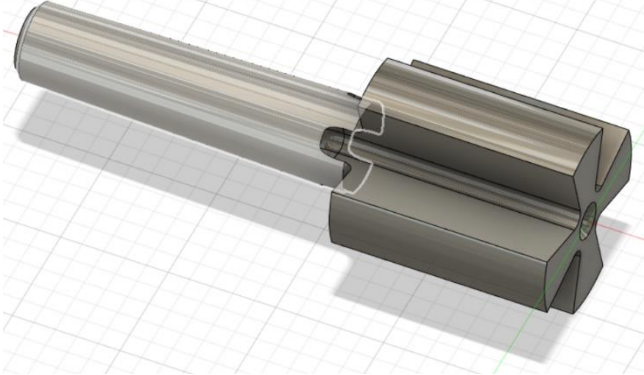
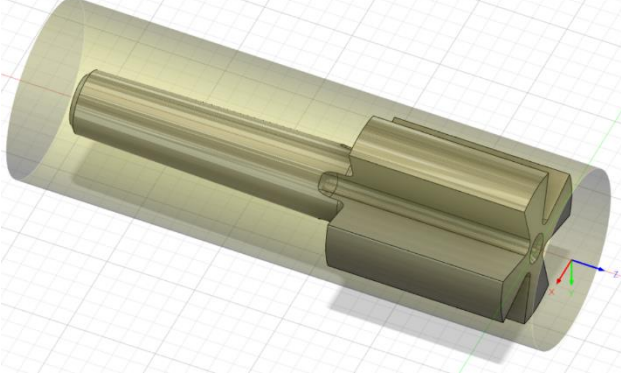
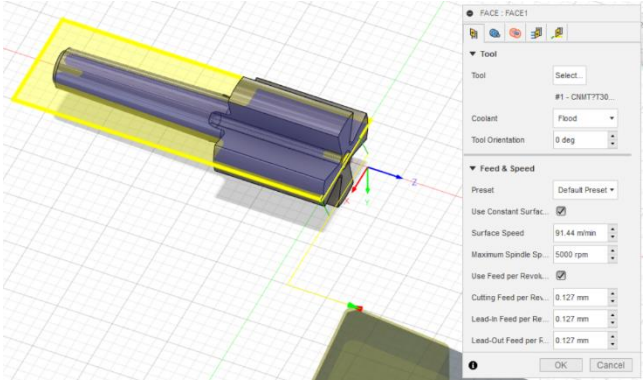
Алгоритм створення g-code буде наступний:

1. Створення 3-Д моделі в “Inventor Pro 2020”;
2. Перенос файлу моделі до “Fusion”, командою “Upload”;
3. В розділі “Manufactory” обираємо потрібні операції;
4. Скачуємо g-code.

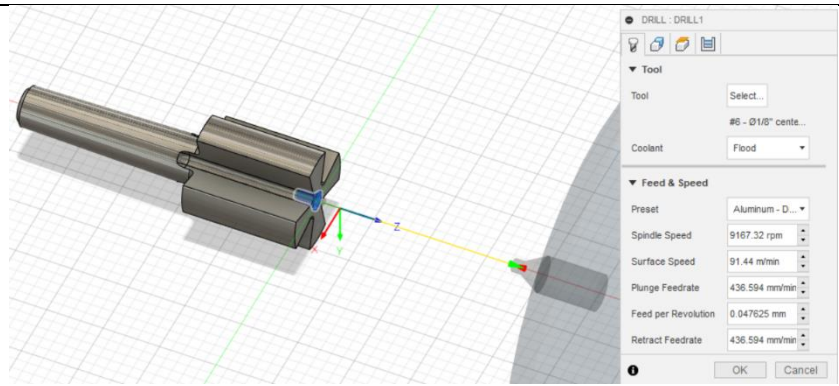
Примітка: персональне забезпечення управління обраного верстату – “Siemens”

4.2.1 Створення керуючої програми на верстат з ЧПК для прохідного калібру

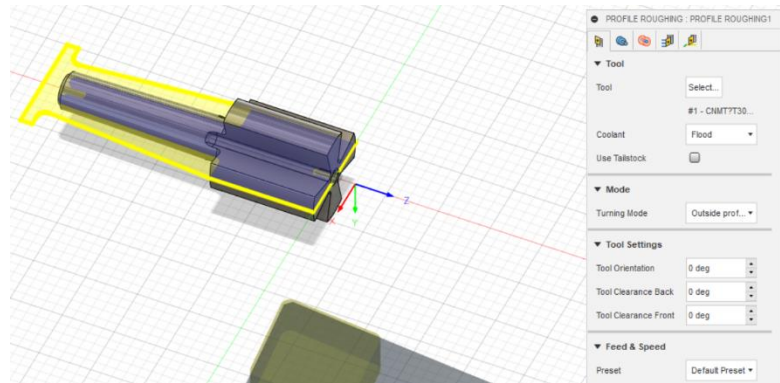
Таблиця 4.2 Налаштування створення керуючої програми

Пояснення	Рисунок
1. Відкриття моделі ПР(21) в “Fusion”	
2. Початок налаштування написання g-code	
3. Налаштування підрізання торцю	

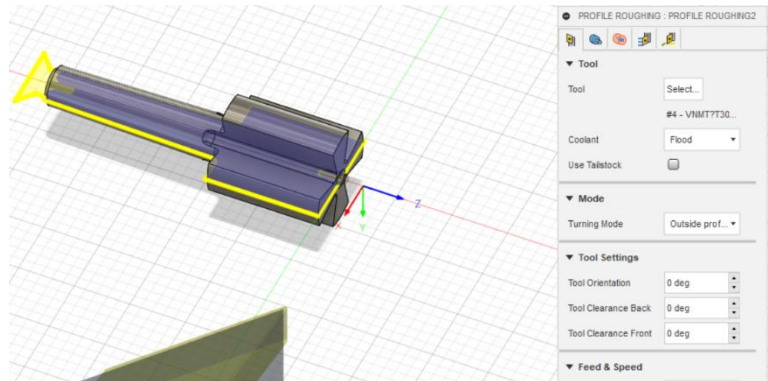
4. Налаштування
утворення
центрувального
отвору



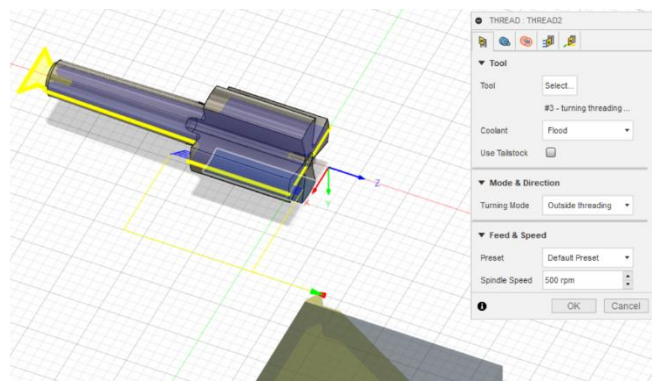
5. Налаштування
чорнового точіння



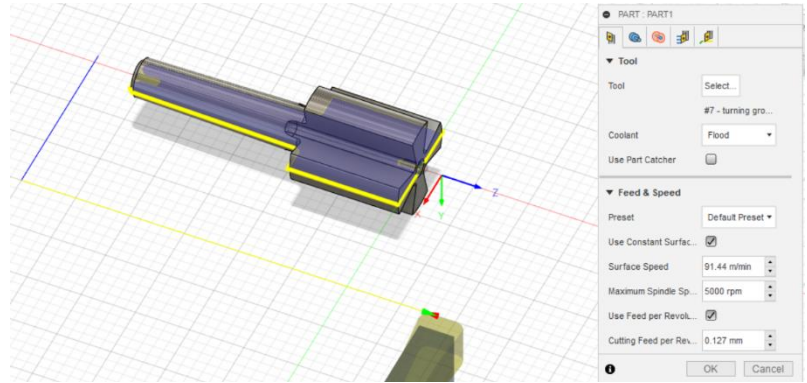
6. Налаштування
чистового точіння



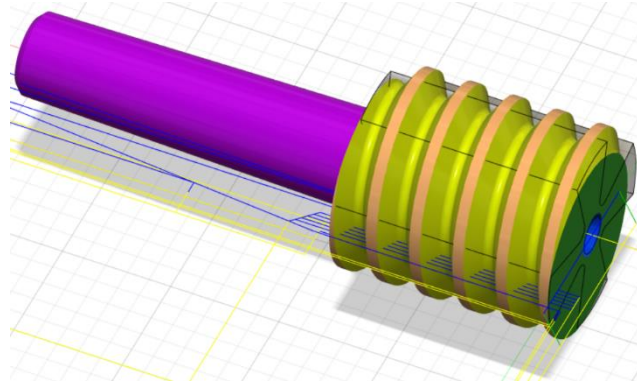
7. Налаштування
нарізання різьби



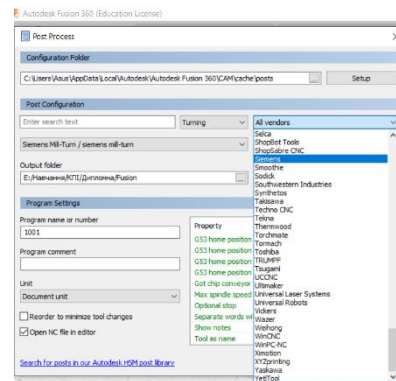
8. Налаштування відрізання деталі



Готова 3-Д модель



9. Налаштування пост-процесу з вибором мови ПО верстата



10. Отримання g-code

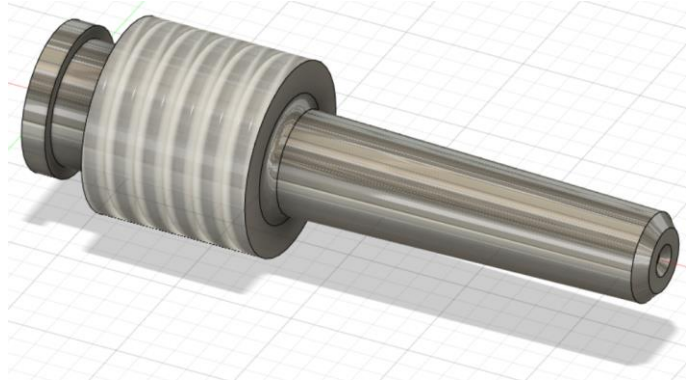
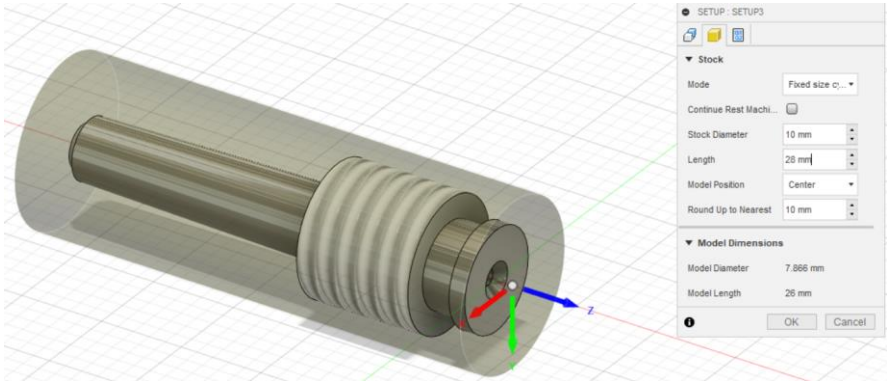
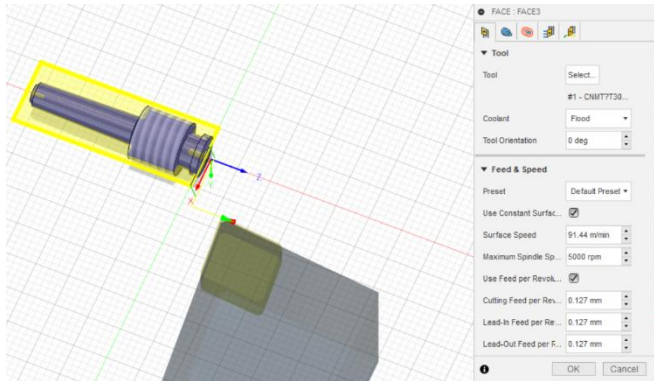
```

1  %_N_1802_HPF
2  N10 WORKPTECE(,,,CYLINDER",192,0,-30,-29,10)
3  N11 G94 G18
4  N12 G71
5  N13 LIMS=6000
6  N14 G53 G0 X250 D0
7  N15 G53 Y0 D0
8  N16 G53 Z300 D0
9
10 N17 H56 ("; Face1")
11 N18 G18
12 N19 DIANON
13 N20 T1 D1
14 N21 H6
15 N22 SEHS(1)
16 N23 G97 S1=970 H1=3
17 N24 G54
18 N26 LIMS[1]=5000
19 N27 D0
20 N28 H8
21 N29 G0 Y0
22 N30 Z5 X30
23 N31 SEHS(1)
24 N32 G98 S1=970 H1=3

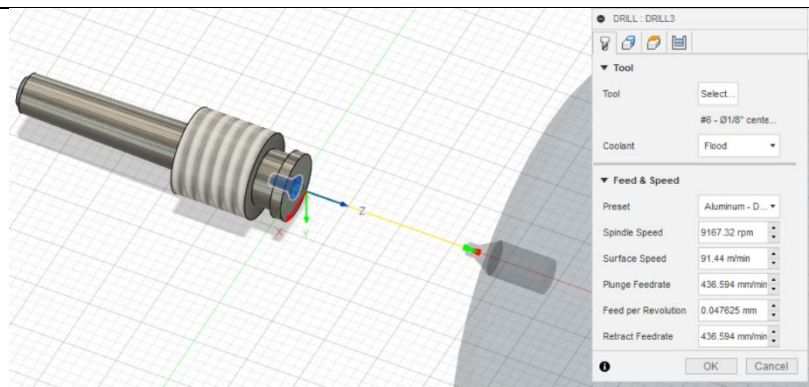
```

4.2.2 Створення керуючої програми на верстат з ЧПК для непрохідного калібру

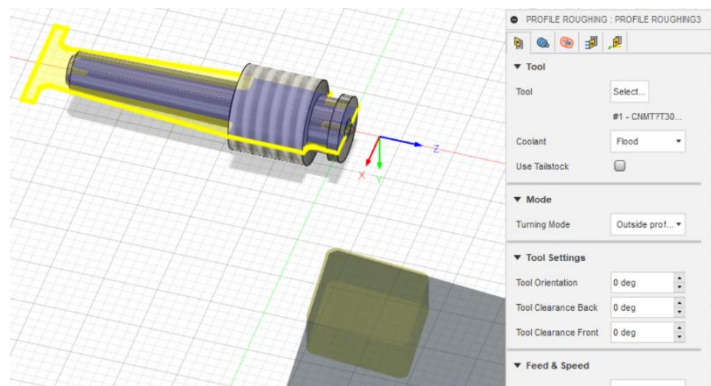
Таблиця 4.3 Налаштування створення керуючої програми

Пояснення	Рисунок
1. Відкриття моделі HE(22) в “Fusion”	
2. Початок налаштування написання g-code	 <p>SETUP - SETUP3</p> <ul style="list-style-type: none"> Stock <ul style="list-style-type: none"> Mode: Fixed size c... Continue Rest Machi...: <input type="checkbox"/> Stock Diameter: 10 mm Length: 28 mm Model Position: Center Round Up to Nearest: 10 mm Model Dimensions <ul style="list-style-type: none"> Model Diameter: 7.866 mm Model Length: 26 mm
3. Налаштування підрізання торцю	 <p>FACE - FACE3</p> <ul style="list-style-type: none"> Tool <ul style="list-style-type: none"> Tool: Select... #1 - CNMT7730 Coolant: Flood Tool Orientation: 0 deg Feed & Speed <ul style="list-style-type: none"> Preset: Default Preset Use Constant Surfac...: <input checked="" type="checkbox"/> Surface Speed: 91.44 m/min Maximum Spindle Sp...: 5000 rpm Use Feed per Revok...: <input checked="" type="checkbox"/> Cutting Feed per Rev...: 0.127 mm Lead-In Feed per Re...: 0.127 mm Lead-Out Feed per F...: 0.127 mm

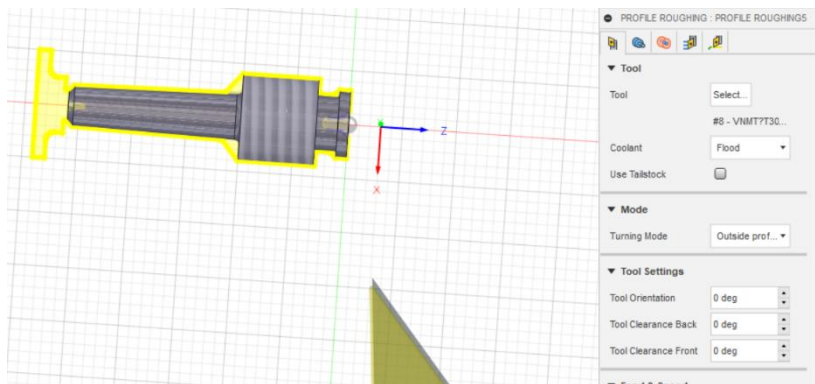
4. Налаштування
утворення
центрувального
отвору



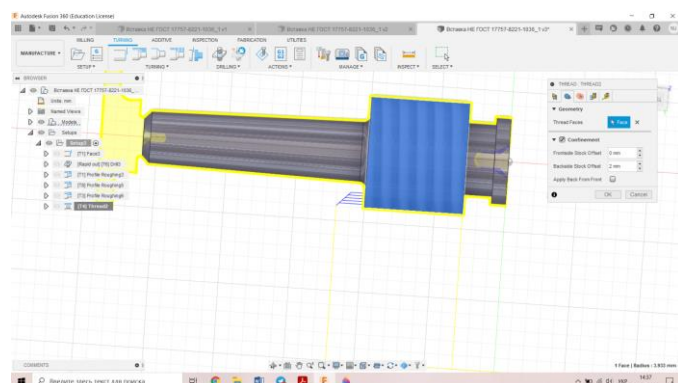
5. Налаштування
чорнового точіння

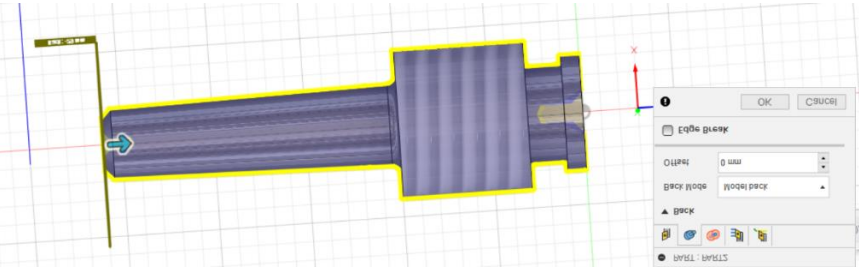
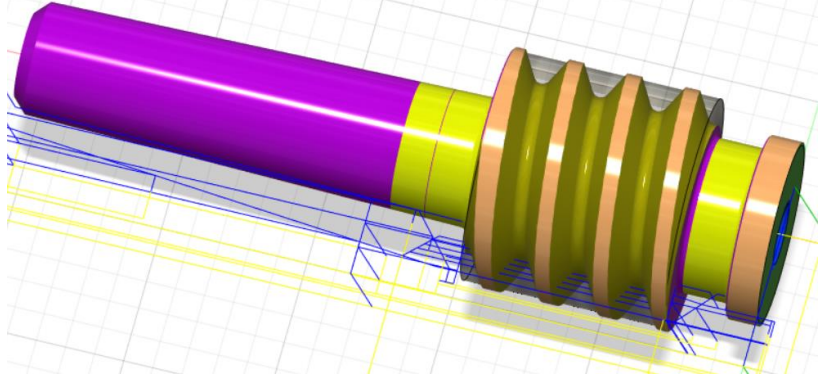
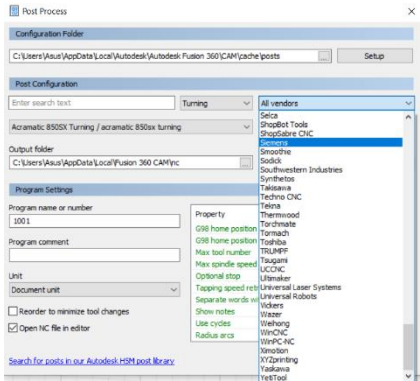


6. Налаштування
чистового точіння



7. Налаштування
нарізання різьби



<p>8. Налаштування відрізання деталі</p>	
<p>Готова 3-Д модель</p>	
<p>9. Налаштування пост-процесу з вибором мови ПО верстата</p>	
<p>10. Отримання g-code</p>	<pre> 1 ; X_1001_MPF 2 H10 M0R0P1E1(,,,,"CYLINDER",192,0,-32,-31,10) 3 H11 G04 G18 4 H12 G71 5 H13 LIMS=6000 6 H14 G53 G0 X250 D0 7 H15 G53 Y0 D0 8 H16 G53 Z300 D0 9 10 H17 MSG ("; Faces") 11 H18 G18 12 H19 DIAP001 13 H20 T1 D1 14 H21 M6 15 H22 SETHS(1) 16 H23 G97 S1=1819 H1=3 17 H24 G54 18 H26 LIMS[1]=5000 19 H27 D0 20 H28 M8 21 H29 G0 Y0 22 H30 Z5 X16 23 H31 SETHS(1) 24 H32 G98 S1=91 H1=3 25 H33 Z-1.586 26 H34 G1 X12.828 F0.13 27 H35 X10 Z-3 28 H36 X-0.6 29 H37 X-0.772 Z-1.586 30 H38 G0 X16 31 H39 Z5 32 H40 SETHS(1) 33 H41 G97 S1=1819 H1=3 34 H42 M9 35 H43 G53 X250 D0 36 H44 G53 Y0 D0 37 H45 G53 Z300 D0 </pre>

5. АВТОМАТИЗАЦІЯ

5.1 Автоматизація розрахунку виконавчих розмірів

Програма розрахунку розроблялася використовуючи мову PYTHON 3.9 в середовищі PyCharm. Додаткові бібліотеки: pandas.

Завдання які повинна виконати програма – при введенні основних параметрів, програма повинна розрахувати виконавчі розміри різьби та надати конструктивні розміри калідр-пробки, з подальшим перенесенням даних до кресленика в програму “КОМПАС”, або “Autodesk Inventor”.

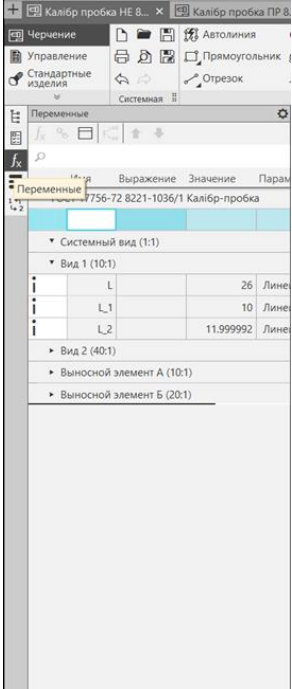
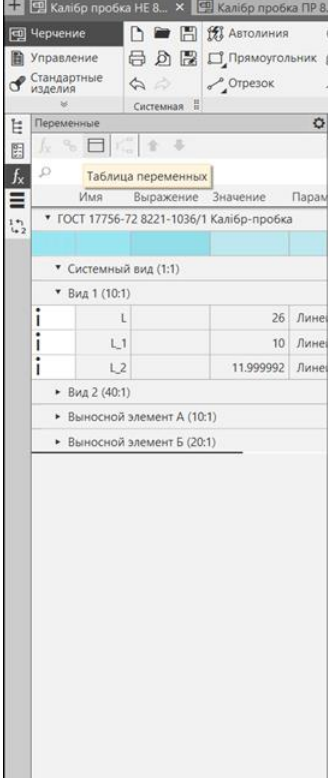
Таблиця 5.1 Реалізація програми

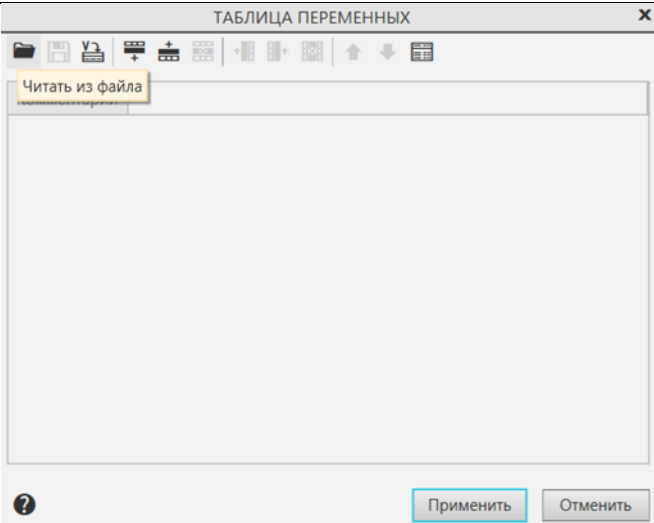
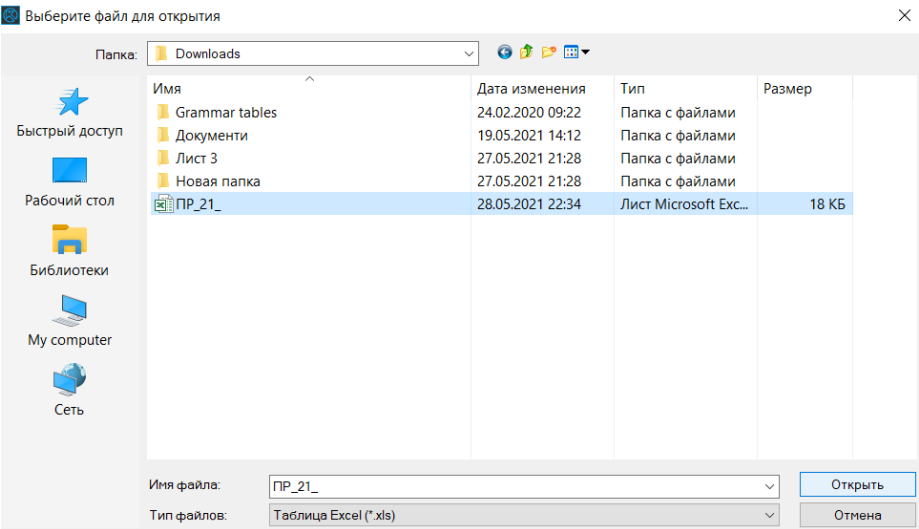
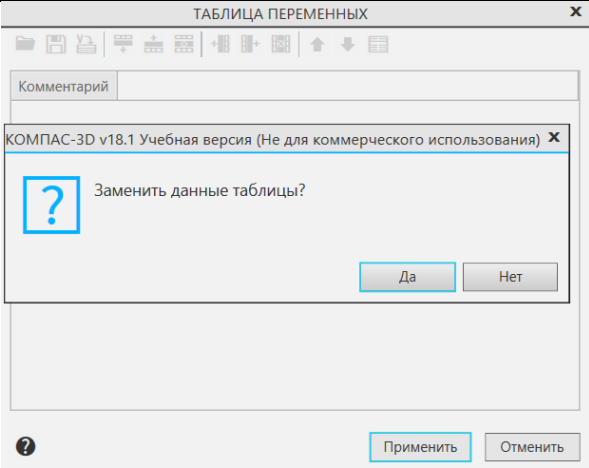
Пояснення	Рисунок
1. Введення 4 параметрів різьби	<pre>D_nom = float(input("Введіть номінальний діаметр різьби: ")) P = float(input("Введіть крок різьби: ")) accuracy_rate = int(input("Введіть степінь точності: ")) deviation = str(input("Введіть основне відхилення: "))</pre>
2. Подальший розрахунок діаметрів різьби та округлення до тисячних	<pre>D = round(D_nom - 5 / 8 * H, 3) D_2 = round(D_nom - 2 * 3 / 8 * H, 3) D_1 = round(D_nom - 2 * 5 / 8 * H, 3)</pre>
3. Використання 4-х таблиць для розрахунку виконавчих розмірів:	<pre>TD_D1_raws = pd.read_excel("TD_D1.xlsx") TD_D2_raws = pd.read_excel("TD_D2.xlsx") EI_D1_D2_raws = pd.read_excel("EI_D1_D2.xlsx") Limits_raws = pd.read_excel("Limits.xlsx")</pre>

<p>4. Оскільки значення з всіх таблиць знаходиться шляхом підстанови значень вертикалі та горизонталі, створюємо функції для знаходення потрібної величини</p>	<pre>def TD_D1(): for i in range(0, len(TD_D1_rows["P"])): if TD_D1_rows.iloc[i, 0] == P: x = i y = accuracy_rate - 3 TD_D1 = TD_D1_rows.iloc[x, y] return TD_D1</pre>
<p>5. Після всіх виконавчих розрахунків, виводимо всі значення: виконавчі на конструктивні розміри в файл формату "xlsx"</p>	<pre>PP_21_ = pd.read_excel("PP_21_.xlsx") D_nom = PP_21_.iloc[0, 1] print(Constr_Size_21('L_1')) = PP_21_.iloc[1, 1] Constr_Size_21('L_2') = PP_21_.iloc[2, 1] Constr_Size_21('L') = PP_21_.iloc[3, 1] Constr_Size_21('d_1') = PP_21_.iloc[4, 1] Constr_Size_21('h') = PP_21_.iloc[5, 1] d_21() = PP_21_.iloc[6, 1] d2_21() = PP_21_.iloc[7, 1] d_21() = PP_21_.iloc[8, 1] d1_21() = PP_21_.iloc[9, 1] PP_21_.to_excel("{}_xlsx".format(PP_21_), index = False)</pre>

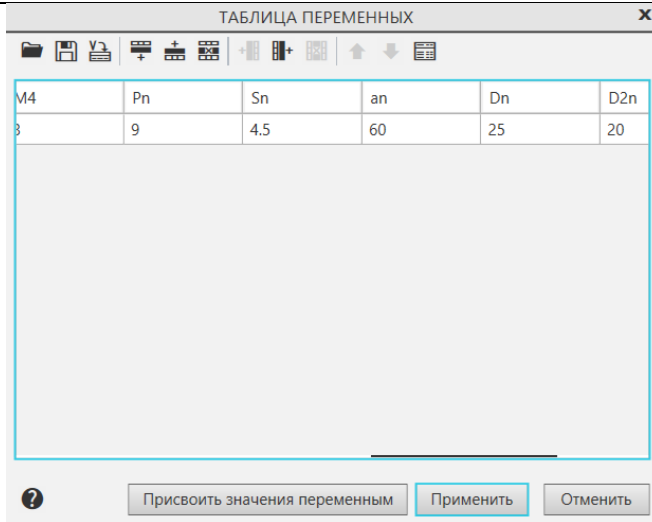
5.2 Автоматизация создания чертеника

Таблица 5.2 Реализация создания чертеника автоматизированным способом

№	Рисунок с описанием
1	 <p data-bbox="570 1056 1101 1094">Нажмем кнопку “переменные”</p>
2	 <p data-bbox="500 1875 1177 1911">Нажмем кнопку “Таблица переменных”</p>

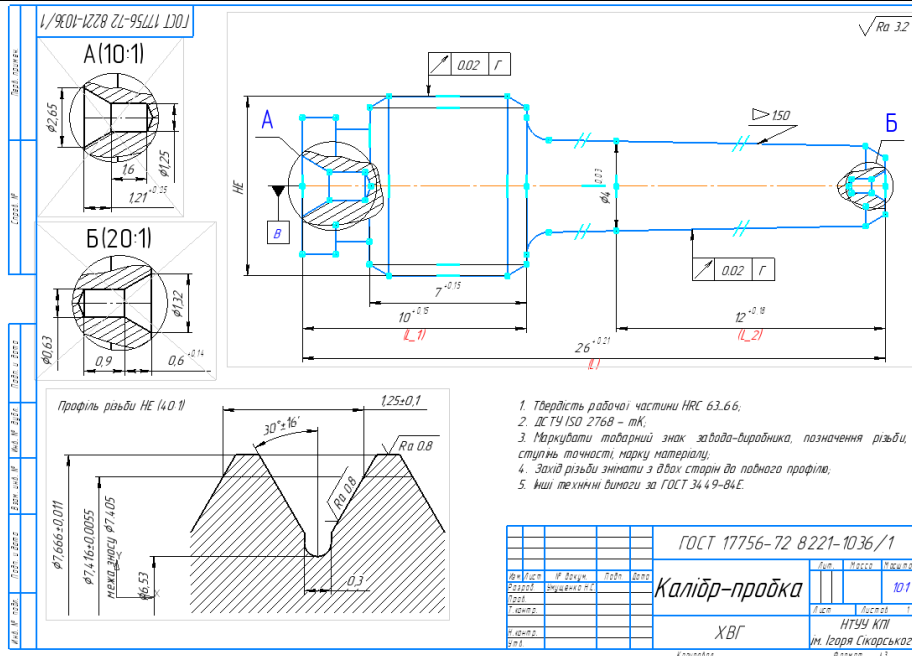
3	 <p>В “Таблица переменных” натиснути кнопку “Читать из файла”</p>
4	 <p>Вибір файлу з абривіатурою. Програма розраховує значення для обох варіантів. Вибирається потрібний.</p>
5	 <p>При відкритті попереднього пункту загоряється вікно, натиснути “Да”</p>

6



Вибираємо нижній рядок та натискаємо “Присвоить значение переменным”

7



Отримуємо готовий кресленник калібру-пробки. Для обох варіантів: ПР(21) та НЕ(22) алгоритм однаковий.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання дипломного проекту було спроектовано різьбовий калібр-пробку, розроблено технологію його виготовлення та на базі аналізу особливостей обробки різьбової частини обрано обладнання та інструмент для її формування. Розраховано припуски та режими різання для виготовлення калібру. Автоматизовано створення. Для пристосувань розраховано похибку базування. Для реалізації виготовлення калібру на верстатах з ЧПК розроблено керуючу програму та сформовано G-код.

Основними перевагами автоматизації є:

- Збільшення пропускної здатності або продуктивності.
- Підвищення якості та передбачуваності якості.
- Підвищена надійність, процесів або продуктів.
- Підвищення узгодженості продукції.
- Скорочення прямих людських витрат на робочу силу та видатків.

Перспективами розвитку даного спрямування є (за наявності замовлення) автоматизація розрахунку всіх видів калібрів.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

- [1] – <http://turner2.pto.org.ua/index.php/turner2-tema6/turner2-modul-6-9/item/1171?lang=ua>
- [2] – <http://turner2.pto.org.ua/index.php/turner2-tema6/turner2-modul-6-9>
- [3] – https://studopedia.ru/16_62882_metodi-i-zasobi-kontrolyu-rizb.html
- [4] – <https://www.m-invest.ru/spravochniki/marochnik-staley/stal-instrumentalnaya-legirovannaya/hvg/>
- [5] – ГОСТ 24997-2004
- [6] – <https://www.britannica.com/technology/automation/Advantages-and-disadvantages-of-automation>
- [7] – <https://tutmet.ru/marki-pravka-krug-shlifovalniy-tehnicheskie-usloviya.html>
- [8] – <https://instrumer.ru/elborovye-krugi/>
- [9] – <https://ru.dmgmori.com/products/machines/turning/universal-turning/ctx-ecoline/ctx-310-ecoline>
- [10] – <https://mirstankov.com/uk/zastosuvannya-verstativ-z-chpu-v-vazhkoi-promislovosti/>
- [11] – <https://polka-knig.com.ua/article.php?book=343&article=18599>
- [12] – «Расчет режимов резания. Учебное пособие» / Безъязычный В. Ф., Аверьянов И. Н., Кордюков А. В. – Рыбинск: РГАТА, 2009. – 185 с.

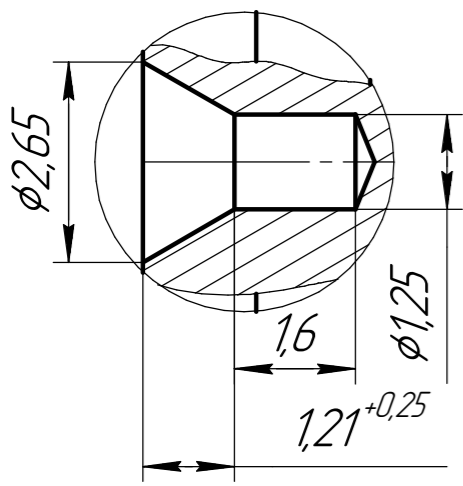
ДОДАТКИ

ДП.МІ7121.001

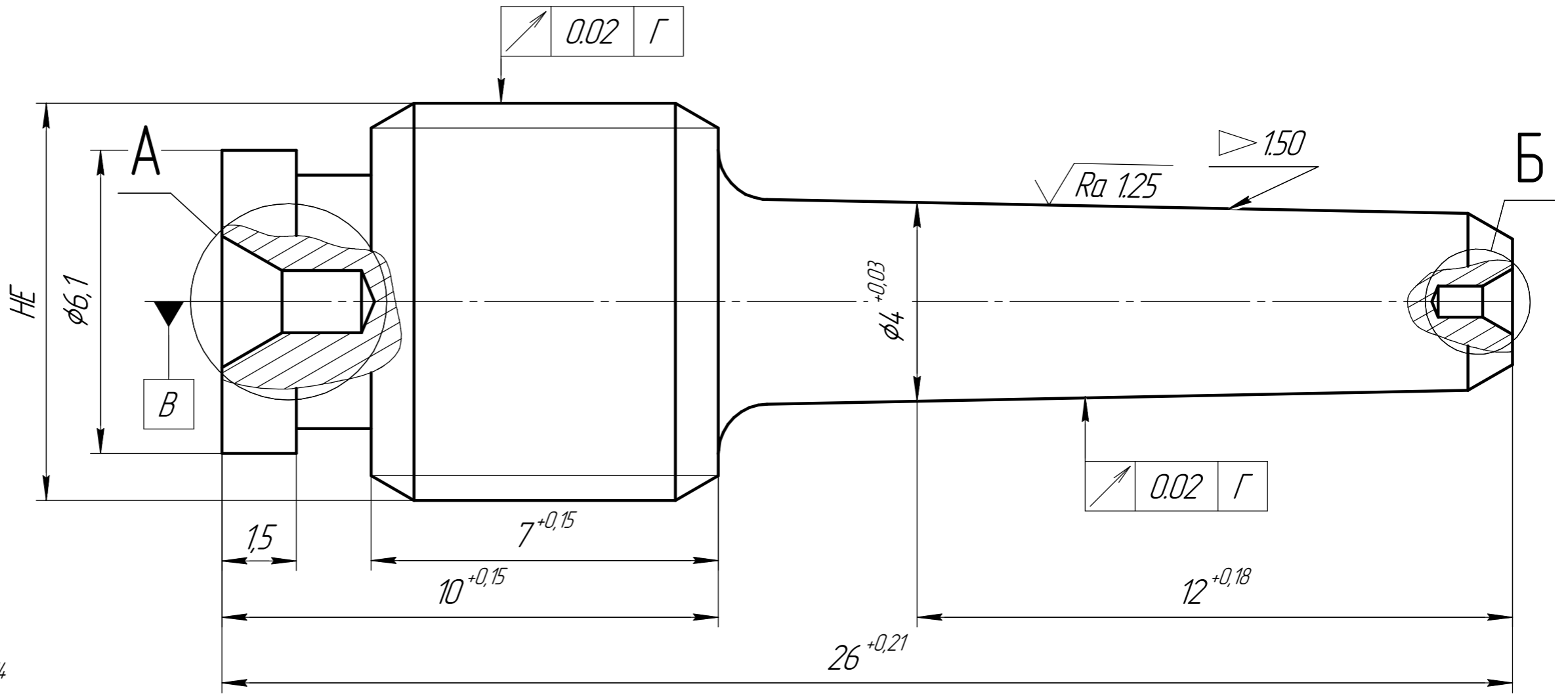
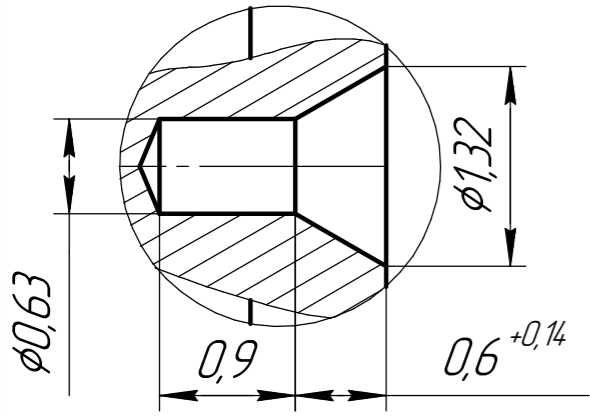
√ Ra 3.2

Перв. примен.
Справ. №
Копіює-3018/11/Учельня версія © 2019 ООО "АКОН-Системы проектирования", Россия Все права защищены
Инд. № подл. Подп. и дата
Взам. инв. № Инв. № дубл. Подп. и дата
Инд. № подл. Подп. и дата

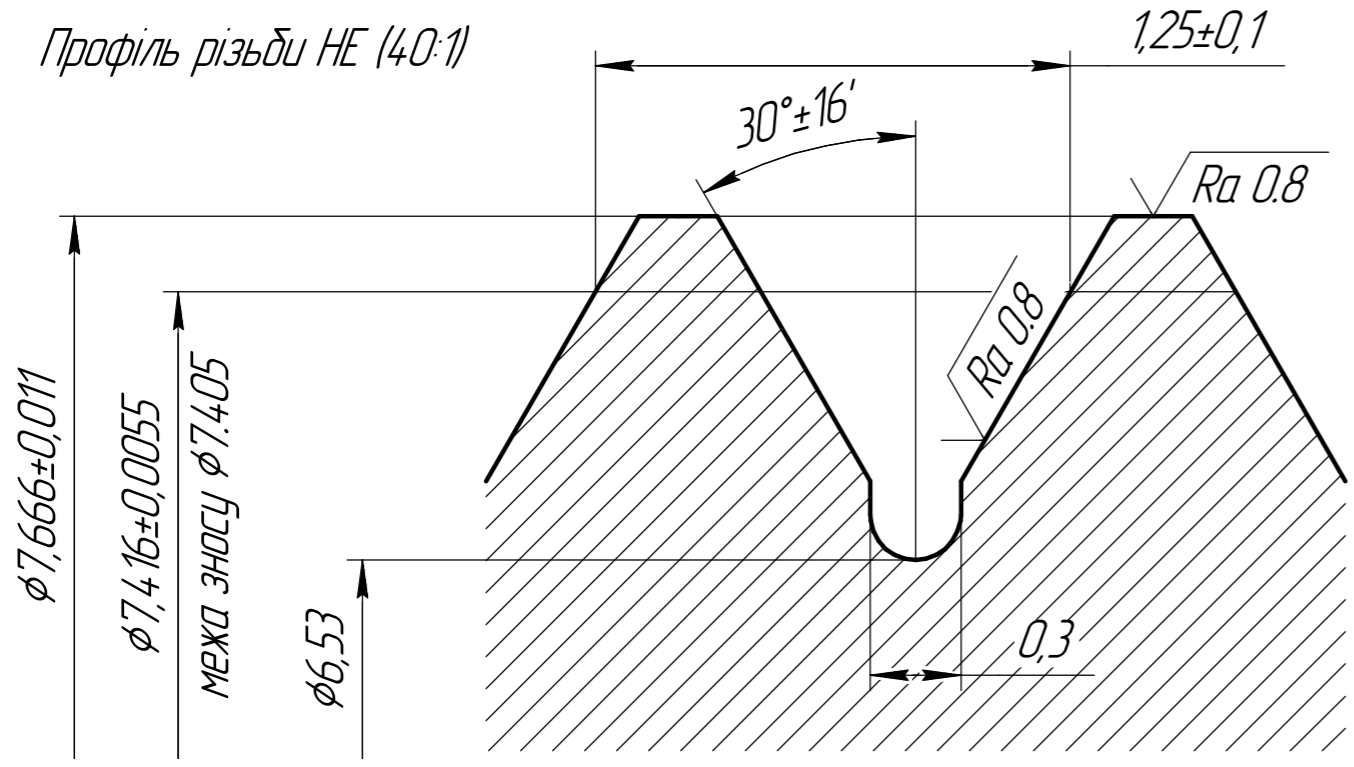
A(10:1)



B(20:1)



Профиль резьбы HE (4:1)

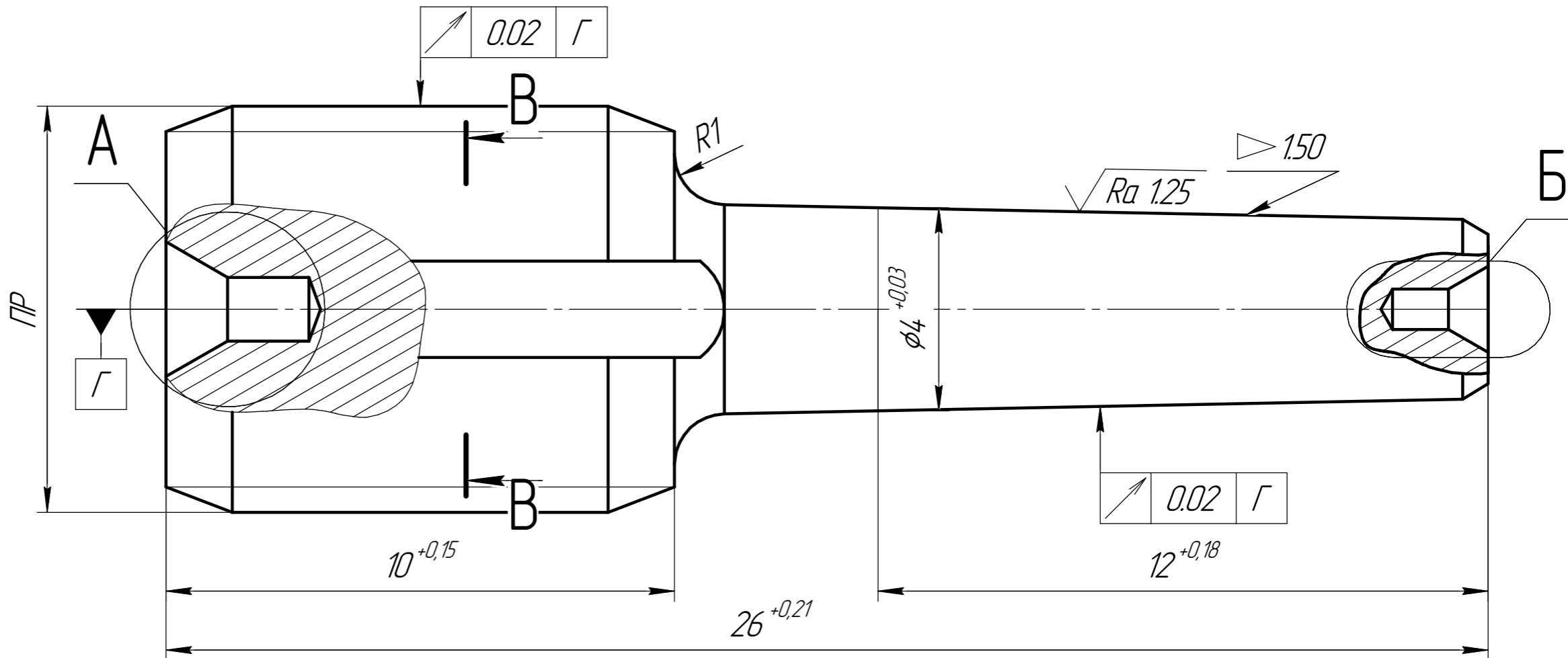
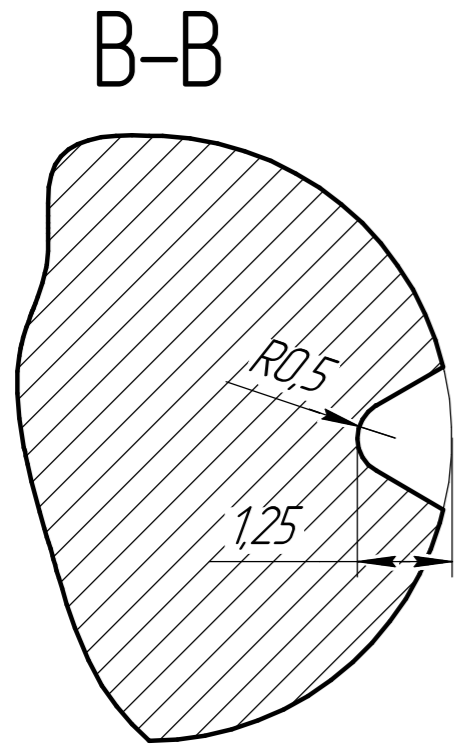


1. Твердість робочої частини HRC 63...66;
2. ДСТУ ISO 2768 - mK;
3. Маркувати товарний знак заводу-виробника, позначення різьби, ступінь точності, марку матеріалу;
4. Захід різьби знімати з двох сторін до повного профілю.

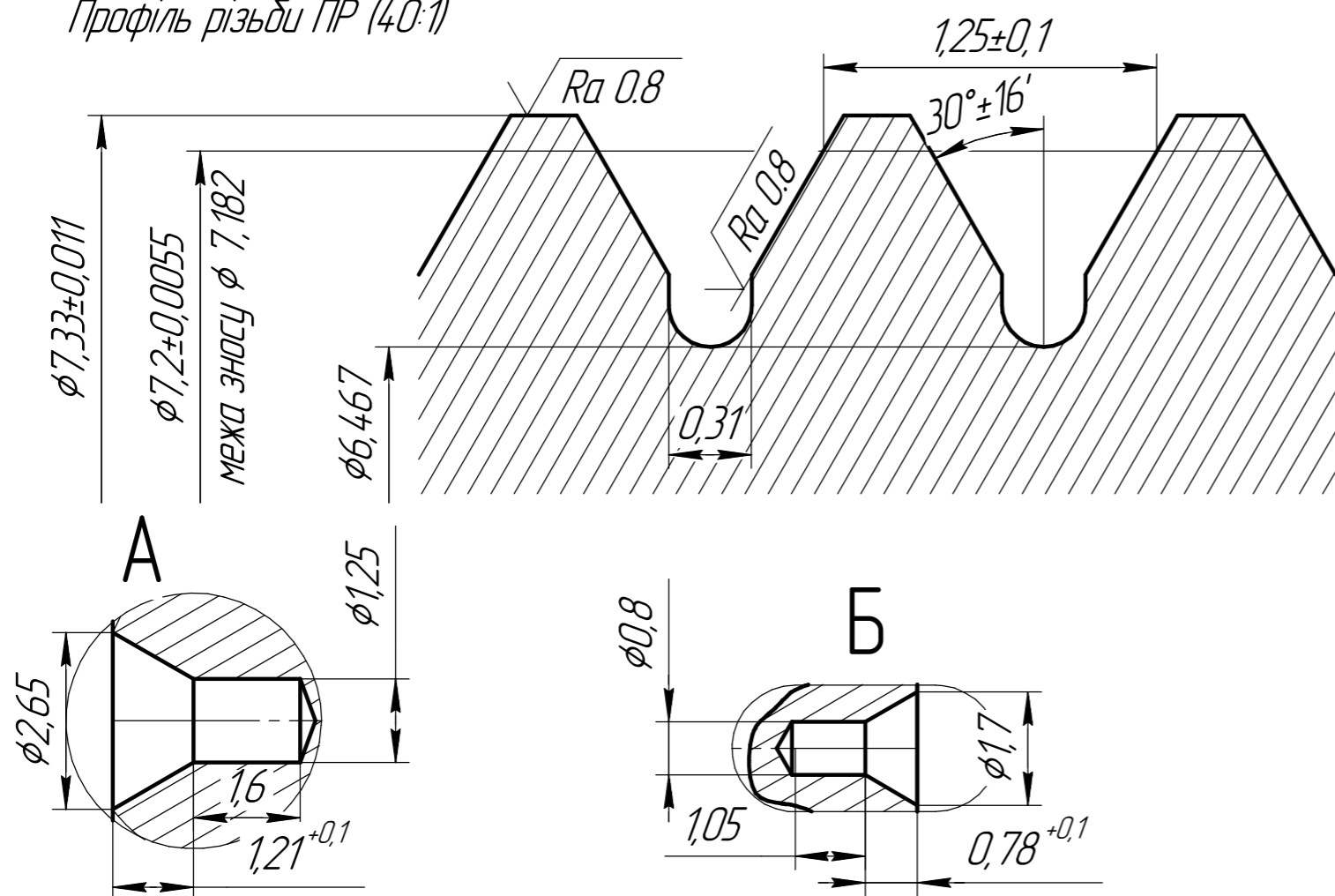
				ДП.МІ7121.001				
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Калибр-пробка	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Проб.	Т.контр.	И.контр.	Утв.				10:1
						Лист	Листов	1
						ХВГ		
					НТУУ КПІ ім. Ігоря Сікорського			
					Формат А3			

Перв. примен.

Справ. №



Профіль різьби ПР (40:1)



1. Твердість робочої частини HRC 63..66;
2. ДСТУ ISO 2768 – mK;
3. Маркувати товарний знак заводу-виробника, позначення різьби, ступінь точності, марку матеріалу;
4. Захід різьби знімати з двох сторін до повного профілю.

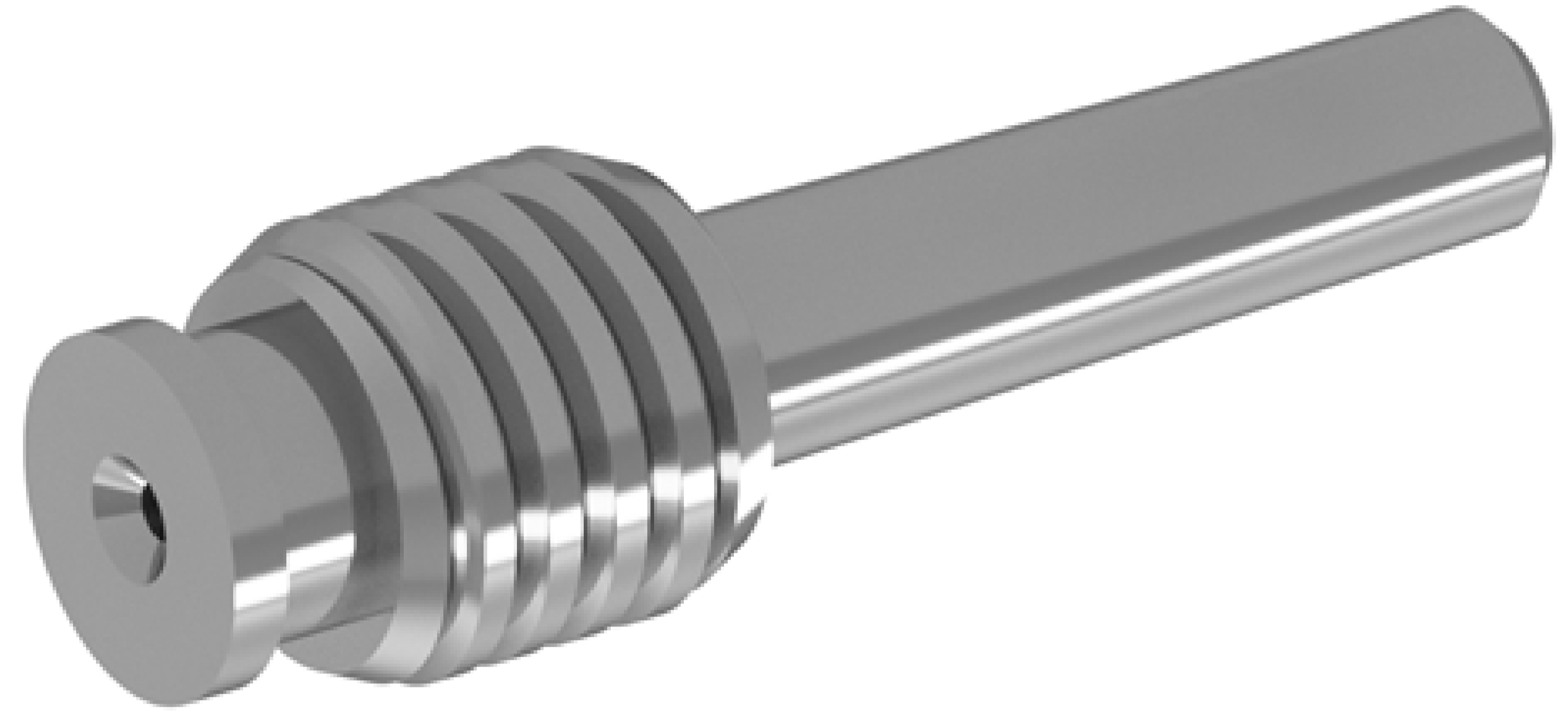
ДП.МІ7121.002			
Изм.	Лист	№ док.м.	Подп.
Разраб.	Умценко Н.С.		
Проб.			
Т.контр.			
Н.контр.			
Утв.			
Калибр-пробка			Лит.
ХВГ			Масса
			Масштаб
			10:1
Лист		Листов	
		1	
НТУУ КПІ			
ім. Ігоря Сікорського			
Формат А3			

КМУАС-301811 Учетная версия © 2019 ООО "АКОН-Системы проектирования", Россия Все права защищены
 Имя, № подл. Подп. и дата
 Взам. инв. № Инв. № дубл. Подп. и дата

Контроль калибрів



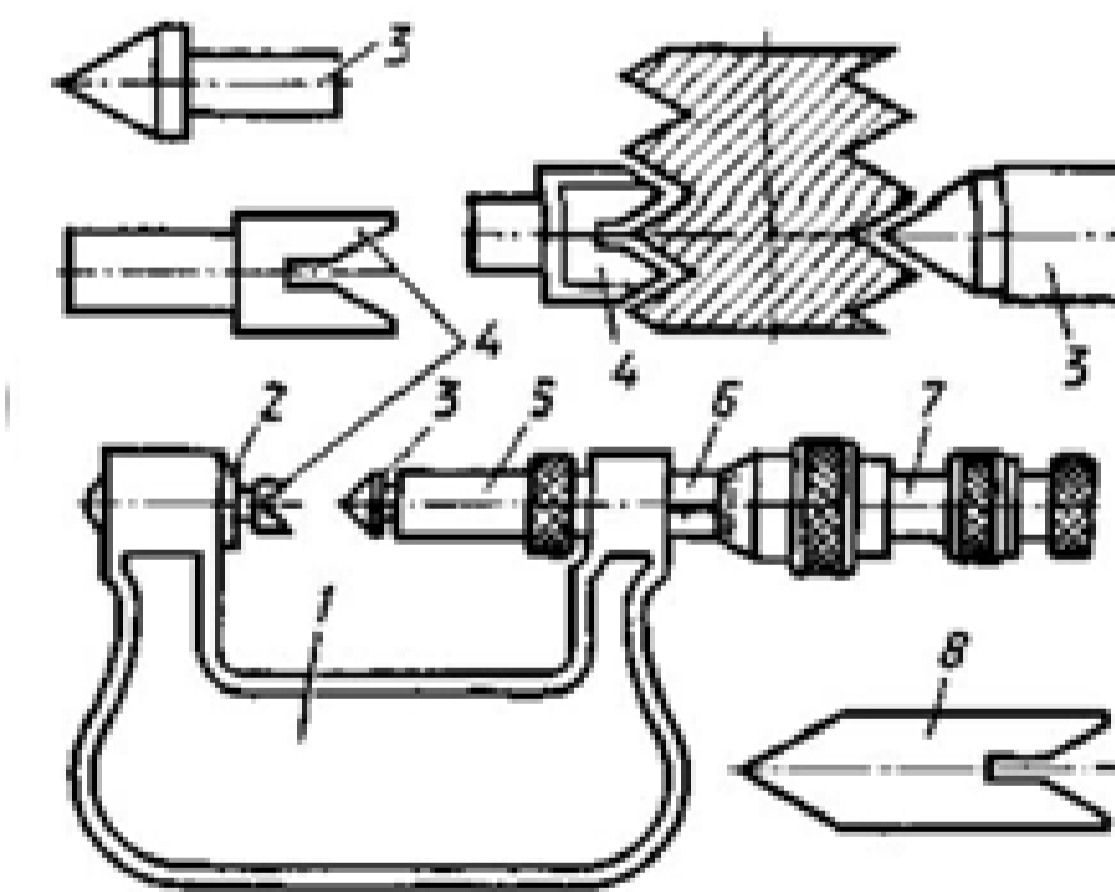
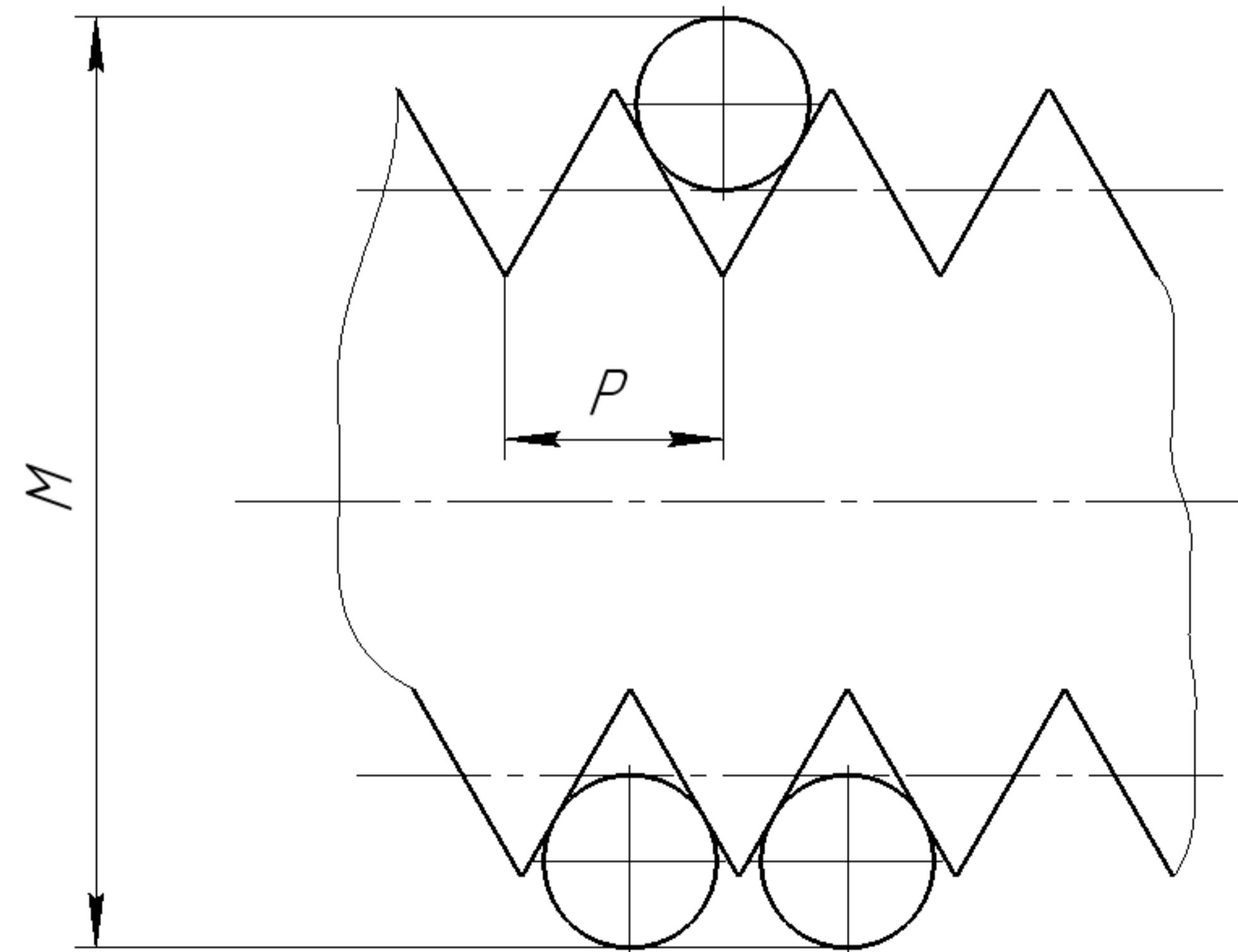
Різьбовий калибр-пробка ПР(21)



Різьбовий калибр-пробка HE(22)

Контролюються

1. Метод 3-х дротиків
2. Різьбовий мікрометр

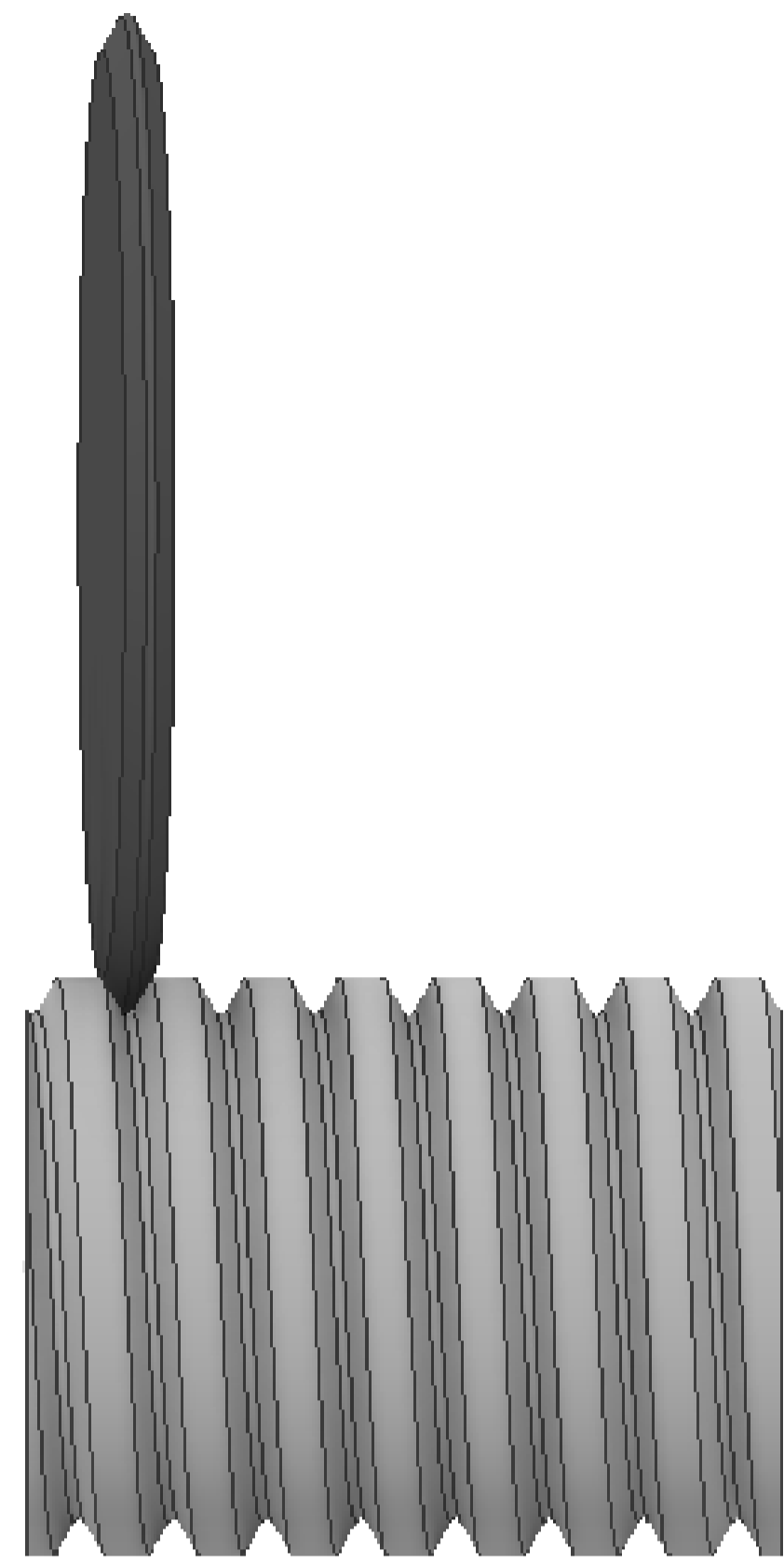
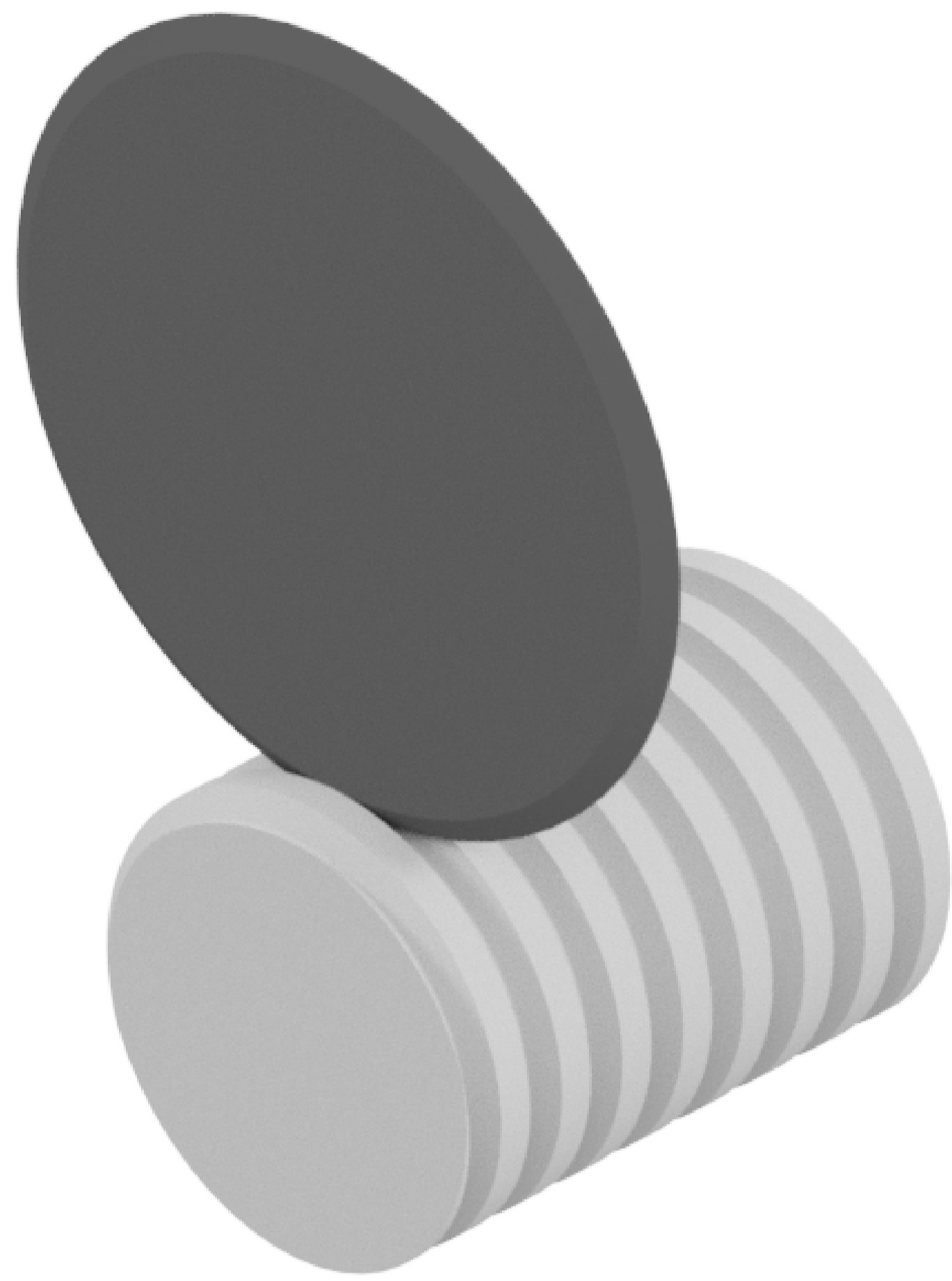


1 - скоба; 2 - пятка; 3, 4 - конічна і призматична вставки; 5 - шпindel; 6 - стебло; 7 - барабан; 8 - шаблон.

						ДП.МІ7121.003		
Имя	Колыца	Лист	Пробка	Подп.	Дата	Контроль калибрів		
						Стандия	Масса	Масштаб
						Лист	Листов	
						НТУУ КІПІ		
						ім. Ігоря Сікорського		
						Формат	А1	

Копіювання заборонено © 2019 НТУУ КІПІ. Всі права захищені. Підприємство "Інформатика"

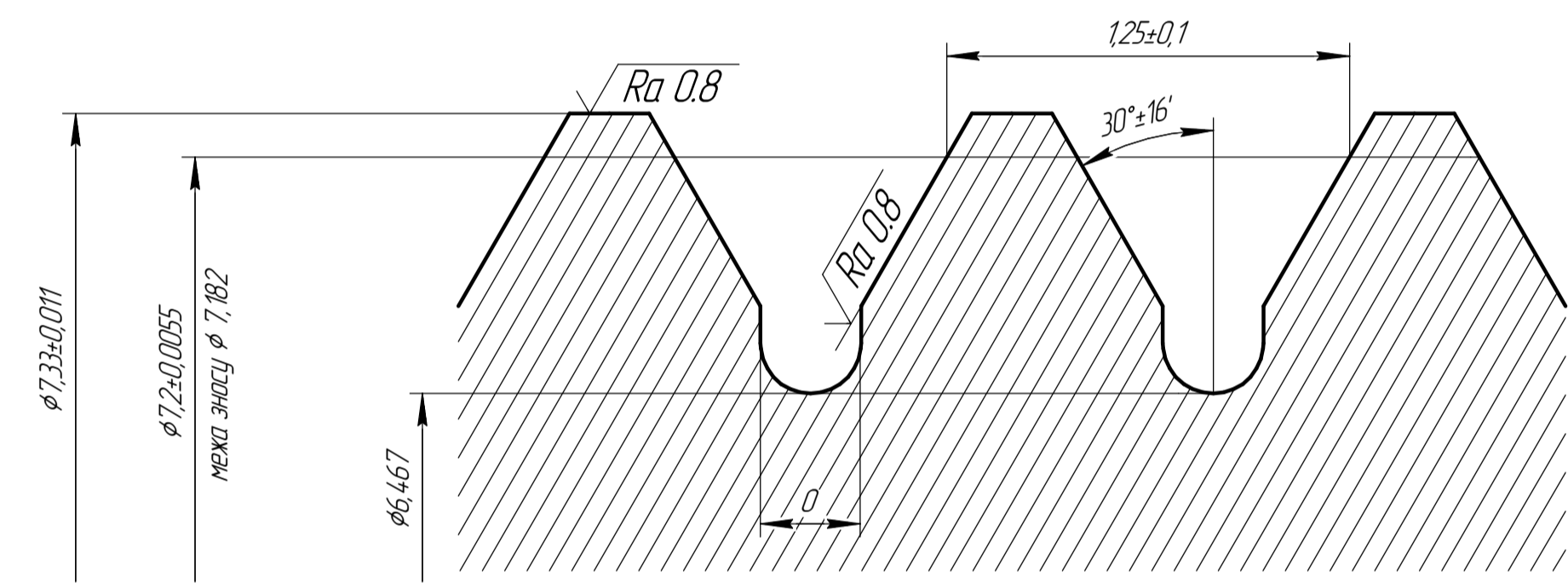
Встановлення кругу при шліфуванні під кут різьби



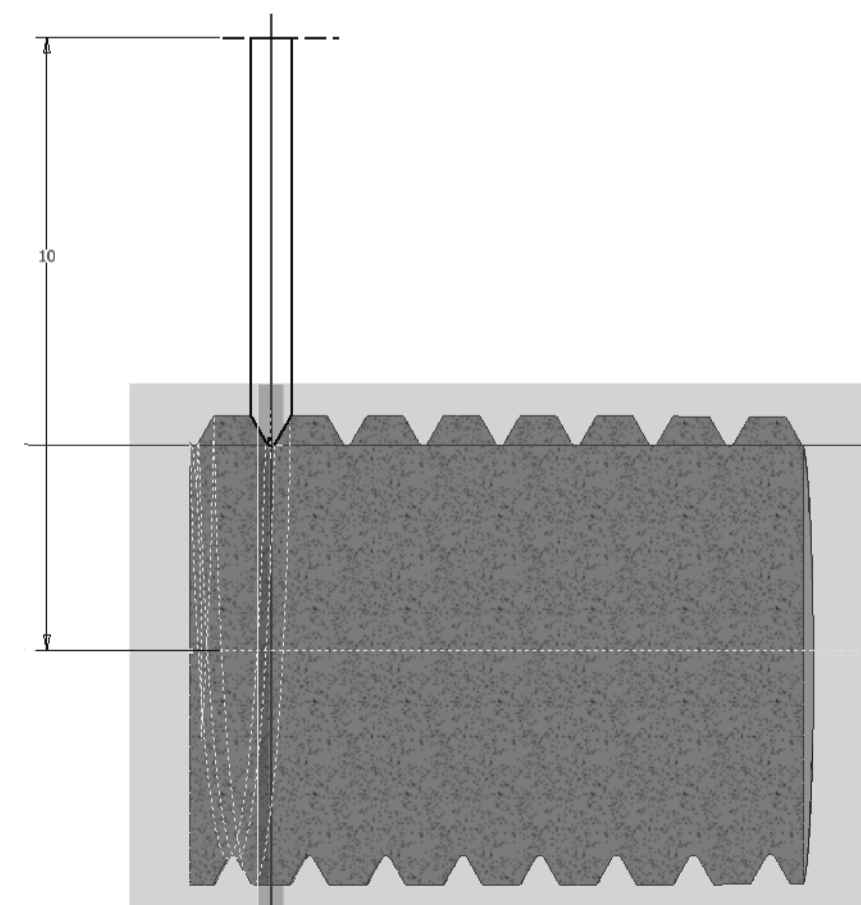
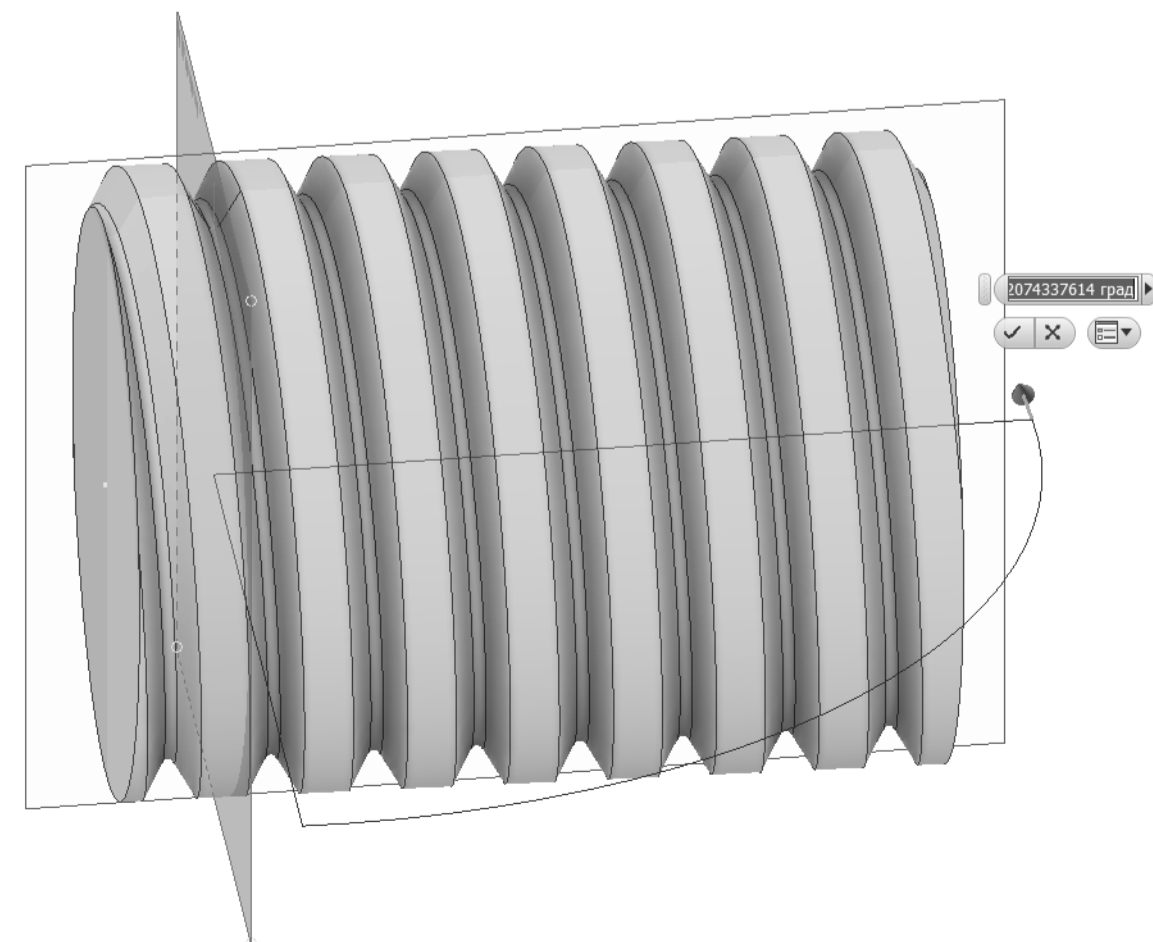
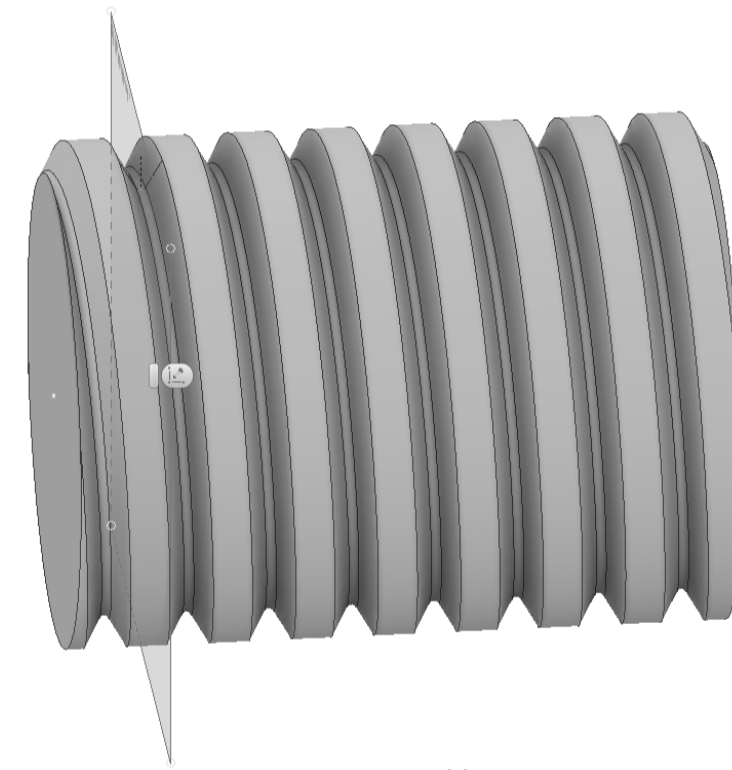
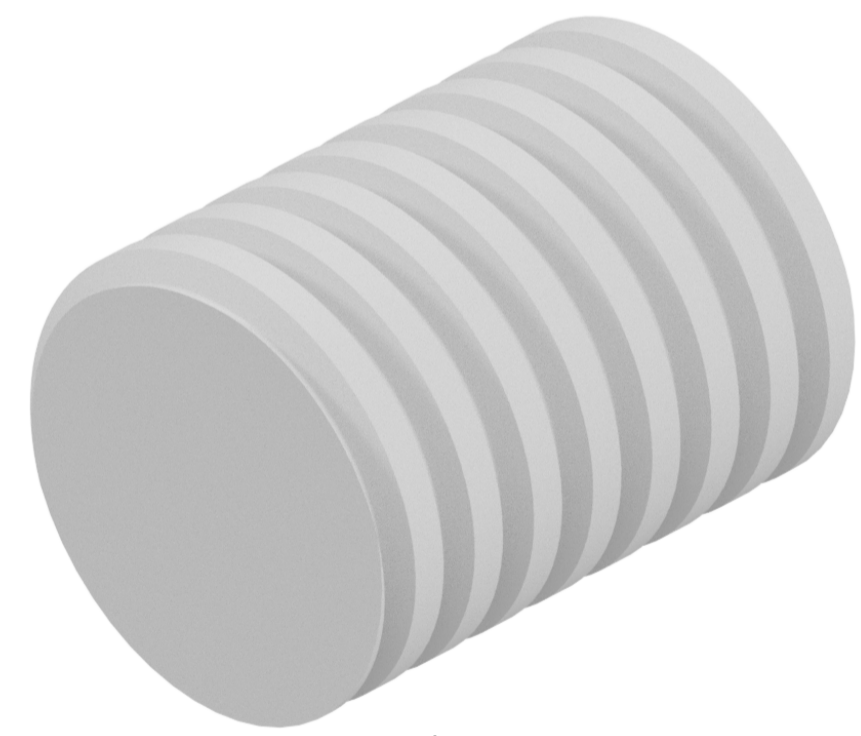
Модель калідру



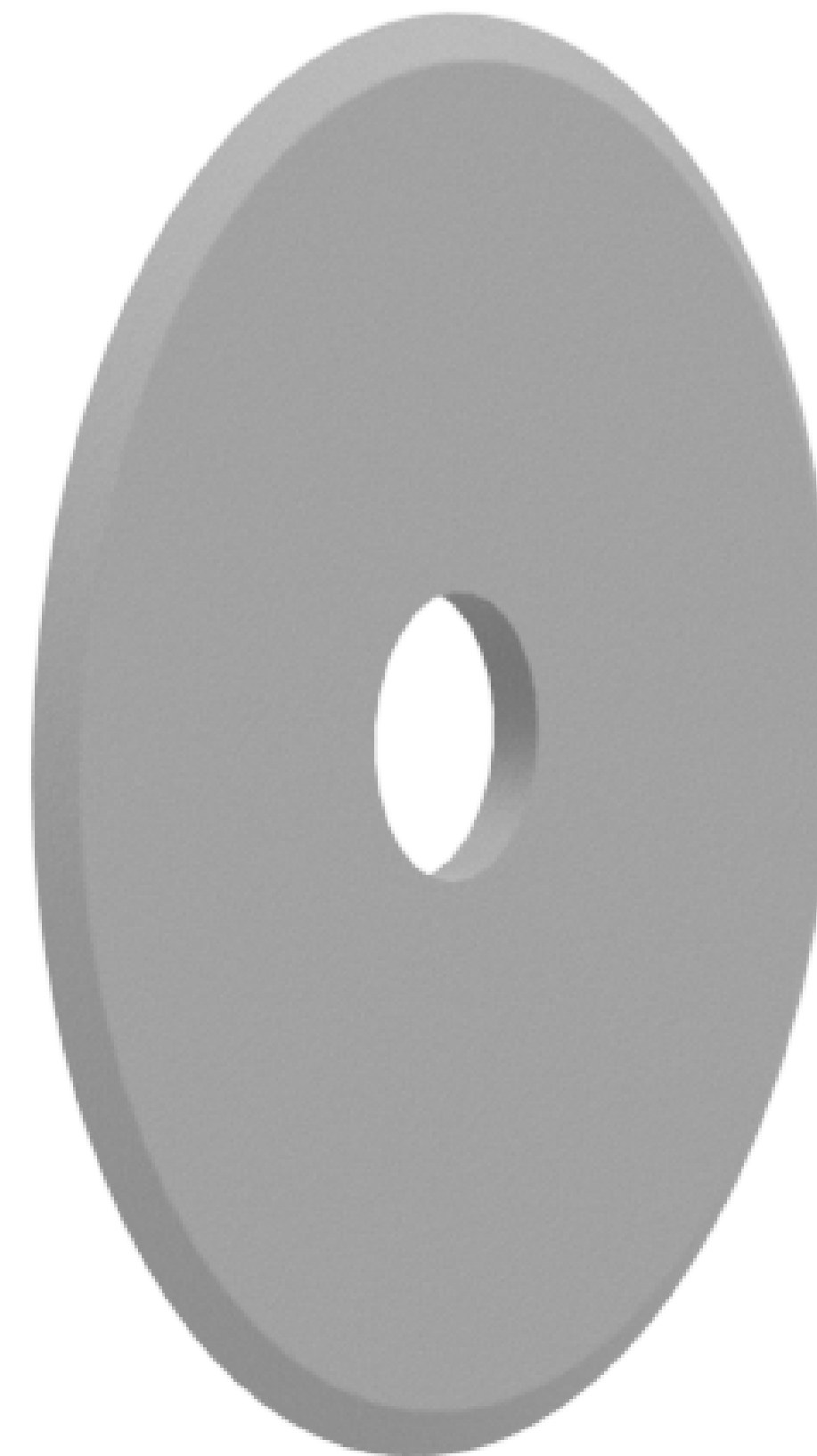
Профіль різьби ПР (40:1)



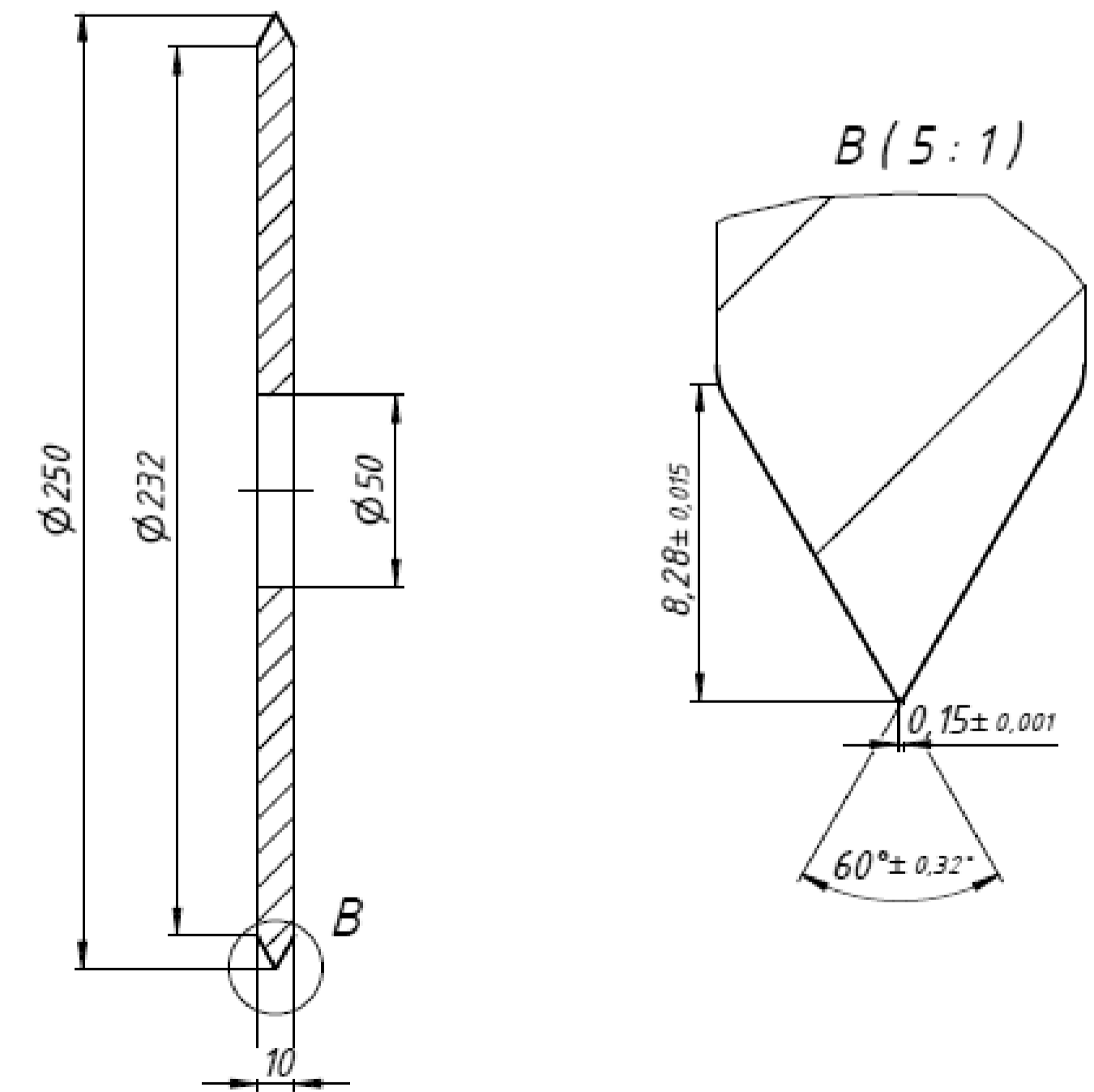
Етапи профілювання



Модель кругу



Профіль кругу

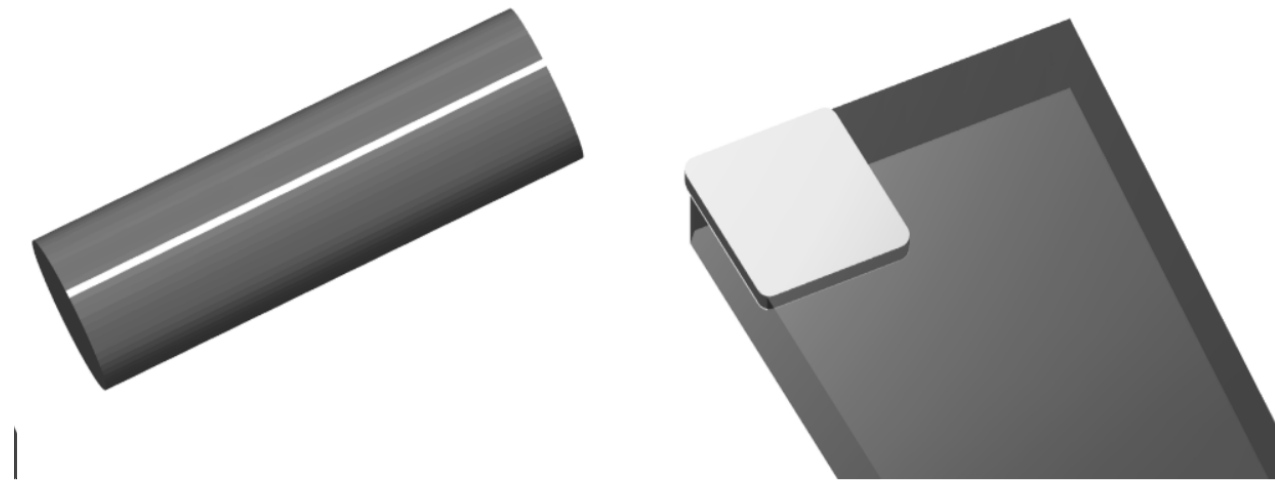


						ДП.М7121.004		
Ім.	Кол.	Лист	Прок.	Підп.	Дата	Профільювання кругу		
						Станд.	Маса	Масштаб
						Лист	Листов	
						НТУУ КІП		
						ім. Ігоря Сікорського		
						Формат	А1	

Курс: 3D-модельювання © 2019 НТУУ КІП-Інженерний факультет, Рівня вступу записки
 Лист: 1 з 1
 Підп. і дата: / /

Розробка керуючої програми на токарні операції з ЧПК

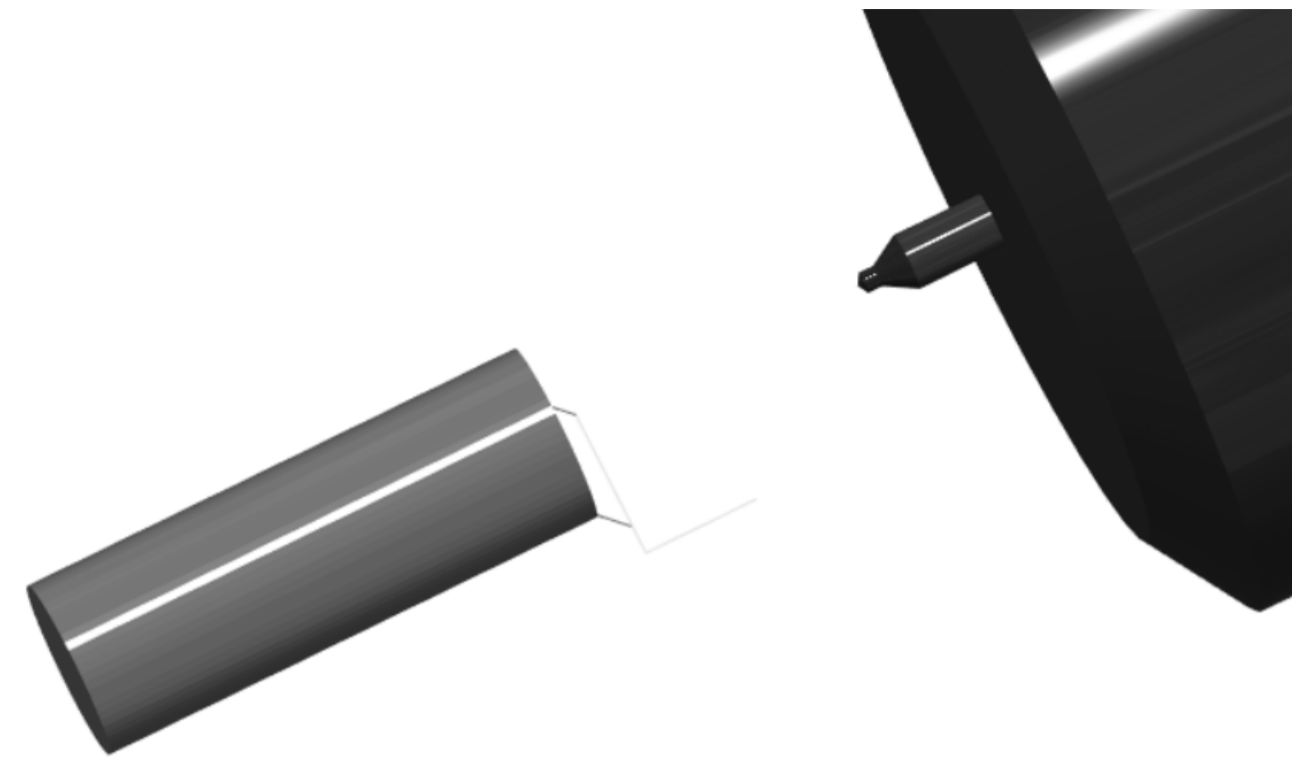
Підрізання торцю



- N17 MSG ("; Face3")
- N18 G18
- N19 DIAMON
- N20 T1 D1
- N21 M6
- N22 SETMS(1)
- N23 G97 S1=1819 M1=3
- N24 G54
- N26 LIMS(1)=5000
- N27 D0
- N28 M8
- N29 G0 Y0
- N30 Z5 X16
- N31 SETMS(1)
- N32 G96 S1=91 M1=3

- N33 Z-1586
- N34 G1 X12.828 F0.13
- N35 X10 Z-3
- N36 X-3.6
- N37 X-0.772 Z-1586
- N38 G0 X16
- N39 Z5
- N40 SETMS(1)
- N41 G97 S1=1819 M1=3
- N42 M9
- N43 G53 X250 D0
- N44 G53 Y0 D0
- N45 G53 Z300 D0
- N46 M1=5

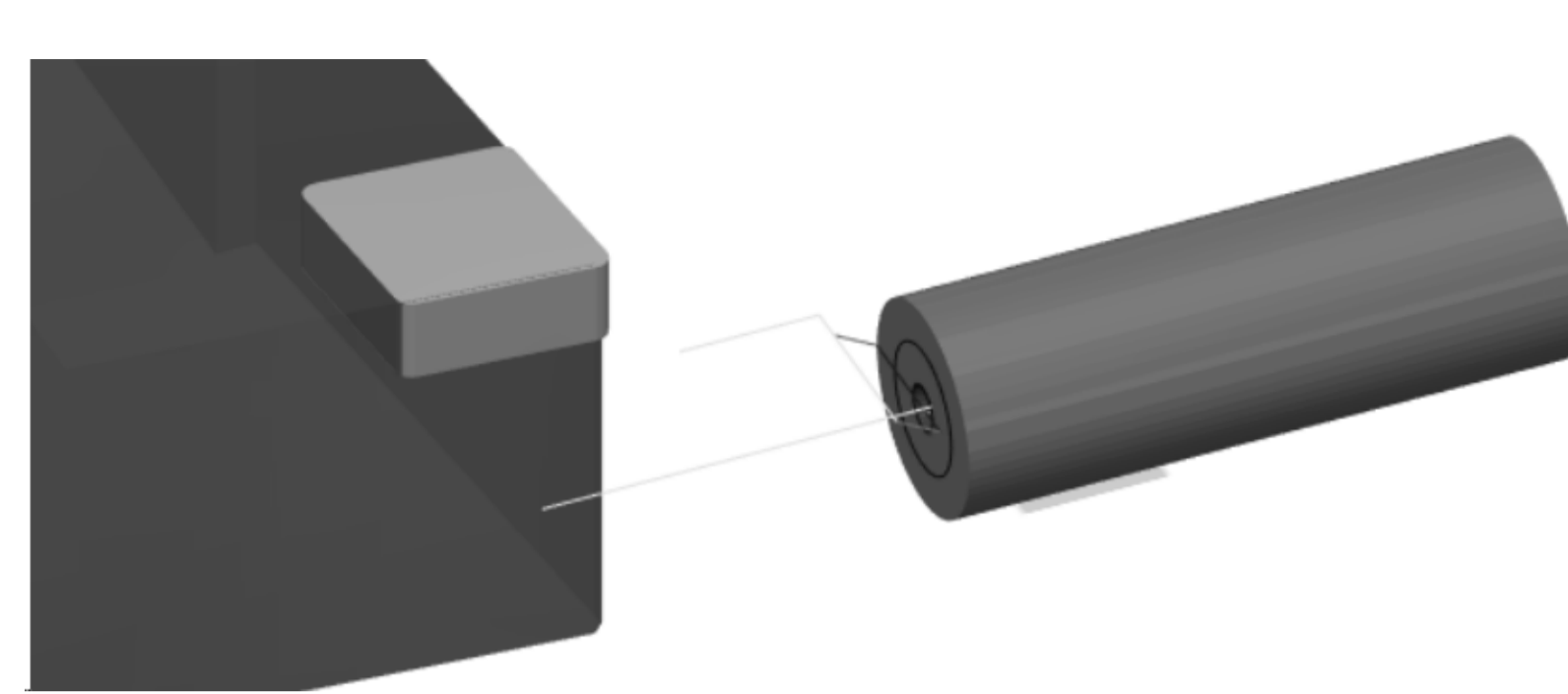
Утворення центрального отвору



- N47 MSG ("; Drill3")
- N48 G17
- N49 DIAMOF
- N50 M1
- N51 T6 D1
- N52 M6
- N53 SETMS(2)
- N54 G97 S2=9167 M2=3
- N55 G95
- N56 G54
- N58 G0 SP1=0.
- N59 D1
- N60 M8
- N61 G90 G0 Z15

- N62 X0 Y0
- N64 F0.05
- N65 Z5
- N66 MCALL CYCLE81(5,-3.5,-5.27)
- N67 X0 Y0
- N68 MCALL
- N69 Z15
- N70 M9
- N71 G53 X125 D0
- N72 G53 Y0 D0
- N73 G53 Z300 D0
- N74 M2=5

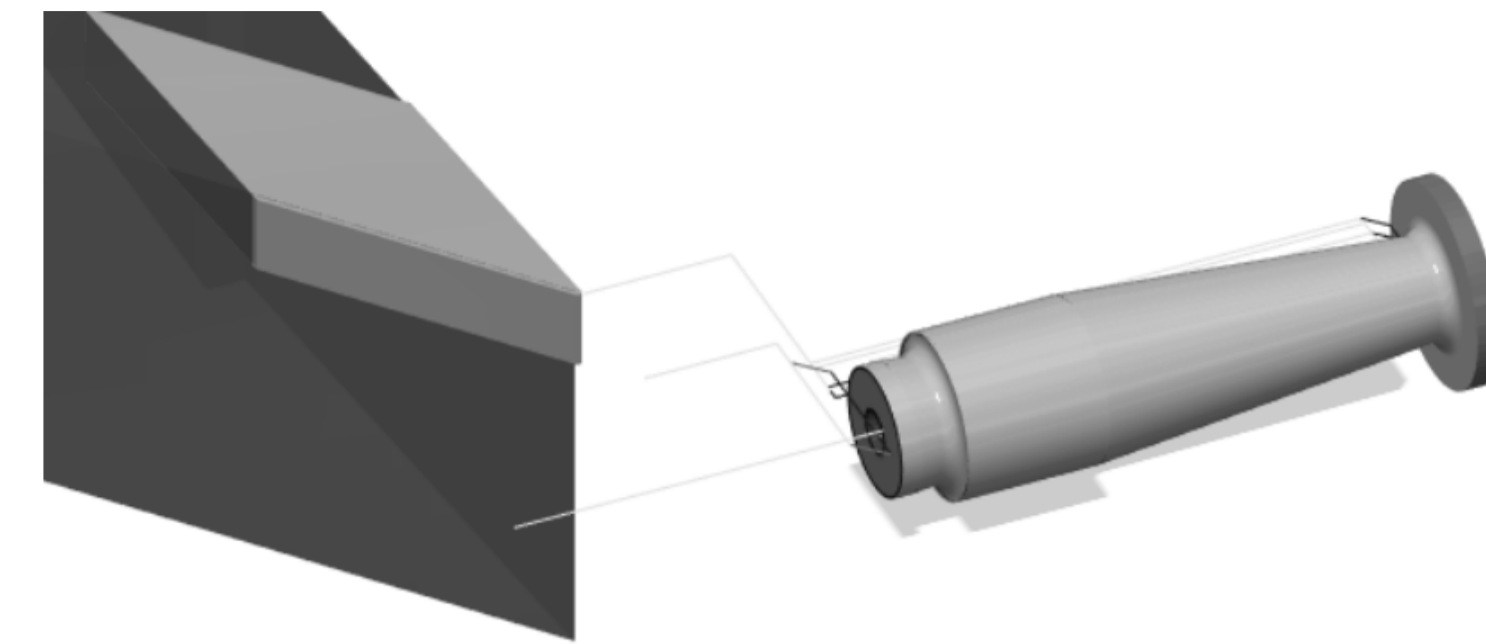
Чорнове точіння



- N75 MSG ("; Profile Roughing3")
- N76 G18
- N77 DIAMON
- N78 M1
- N79 T1 D1
- N80 M6
- N81 SETMS(1)
- N82 G97 S1=970 M1=3
- N83 G54
- N85 LIMS(1)=5000
- N86 D0
- N87 M8
- N88 G0 Y0
- N89 Z5 X30
- N90 SETMS(1)
- N91 G96 S1=91 M1=3
- N92 Z-24
- N93 X8.057
- N94 G1 Z-5.9 F0.13
- N95 X8.066
- N96 Z-13.838
- N97 X7.6 Z-16.501
- N98 Z-30.87
- N99 X10

- N100 X12 Z-29.87
- N101 G0 Z-24
- N102 X7.5
- N103 G1 X6.3
- N104 Z-4.839
- N105 X6.114 Z-5.9
- N106 X8.057
- N107 X10.057 Z-4.9
- N108 G0 Z-16.501
- N109 X8.8
- N110 G1 X7.6
- N111 X6.343 Z-23.686
- N112 Z-30.87
- N113 X7.6
- N114 X9.6 Z-29.87
- N115 G0 Z-23.686
- N116 X7.543
- N117 G1 X6.343
- N118 X5.086 Z-30.87
- N119 X6.343
- N120 X8.343 Z-29.87
- N121 G0 X112
- N122 Z-24
- N123 X30

- N124 Z5
- N125 SETMS(1)
- N126 G97 S1=970 M1=3
- N127 M9
- N128 G53 X250 D0
- N129 G53 Y0 D0
- N130 G53 Z300 D0

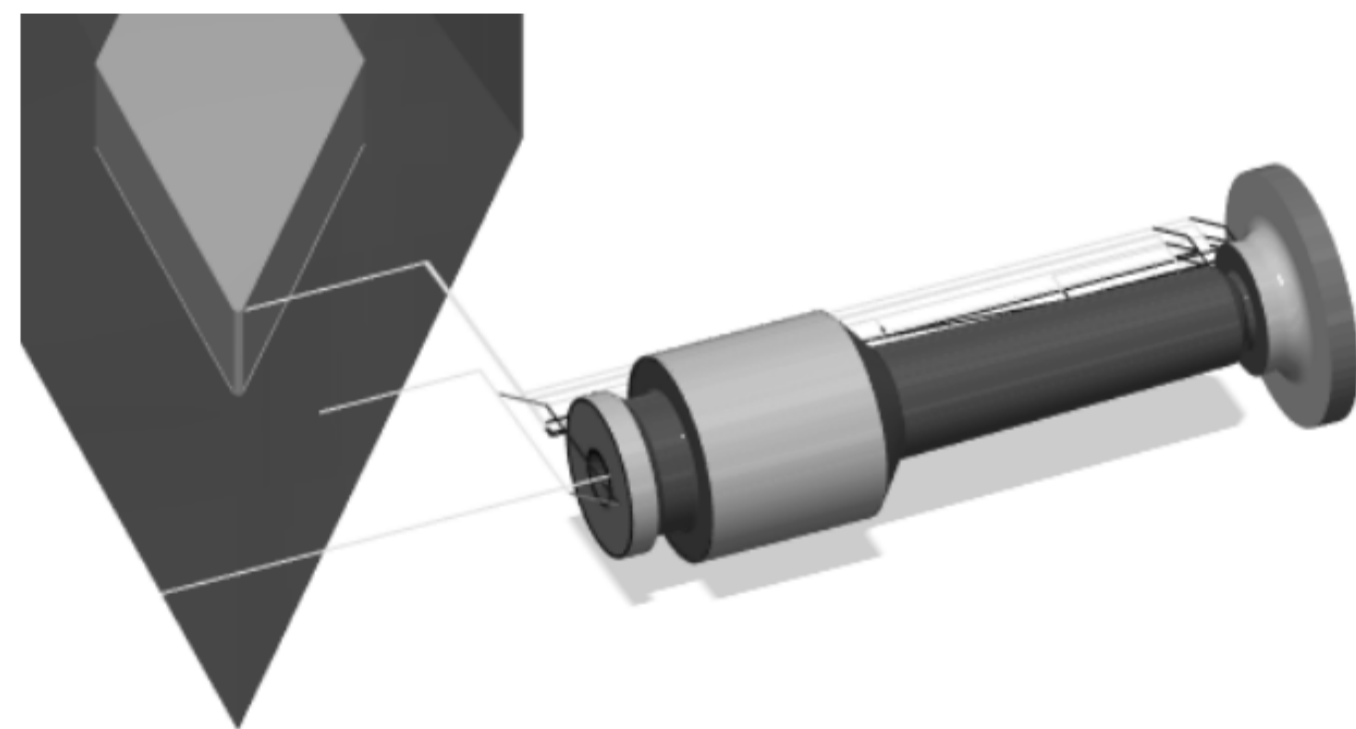


- N131 MSG ("; Profile Roughing5")
- N132 G18
- N133 DIAMON
- N134 M1
- N135 T8 D1
- N136 M6
- N137 SETMS(1)
- N138 G97 S1=970 M1=3
- N139 G54
- N141 LIMS(1)=5000
- N142 D0
- N143 M8
- N144 G0 Y0
- N145 Z5 X30
- N146 SETMS(1)
- N147 G96 S1=91 M1=3
- N148 Z-25
- N149 X8
- N150 G1 Z-5.9 F0.13
- N151 X8.066
- N152 Z-13.339
- N153 X8 Z-13.366
- N154 Z-29.343
- N155 X10
- N156 X12 Z-28.343

- N157 G0 Z-25
- N158 X6.65
- N159 G1 Z-5.9
- N160 X8
- N161 X10 Z-4.9
- N162 G0 Z-25
- N163 X7.3
- N164 G1 X6.3
- N165 Z-4.34
- N166 X5.3 Z-4.759
- N167 Z-5.9
- N168 X6.65
- N169 X8.65 Z-4.9
- N170 G0 X9.066
- N171 Z-13.366
- N172 X9
- N173 G1 X8
- N174 X6 Z-14.206
- N175 Z-29.343
- N176 X8
- N177 X10 Z-28.343
- N178 G0 Z-14.206
- N179 X7
- N180 G1 X6
- N181 X4.401 Z-14.876

- N182 X4.397 Z-14.984
- N183 Z-29.343
- N184 X6
- N185 X8 Z-28.343
- N186 G0 Z-14.984
- N187 X5.397
- N188 G1 X4.397
- N189 X3.843 Z-28.829
- N190 X2.794 Z-29.343
- N191 X4.397
- N192 X6.397 Z-28.343
- N193 G0 X11
- N194 Z-25
- N195 X30
- N196 Z5
- N197 SETMS(1)
- N198 G97 S1=970 M1=3
- N199 M9
- N200 G53 X250 D0
- N201 G53 Y0 D0
- N202 G53 Z300 D0

Чистове точіння

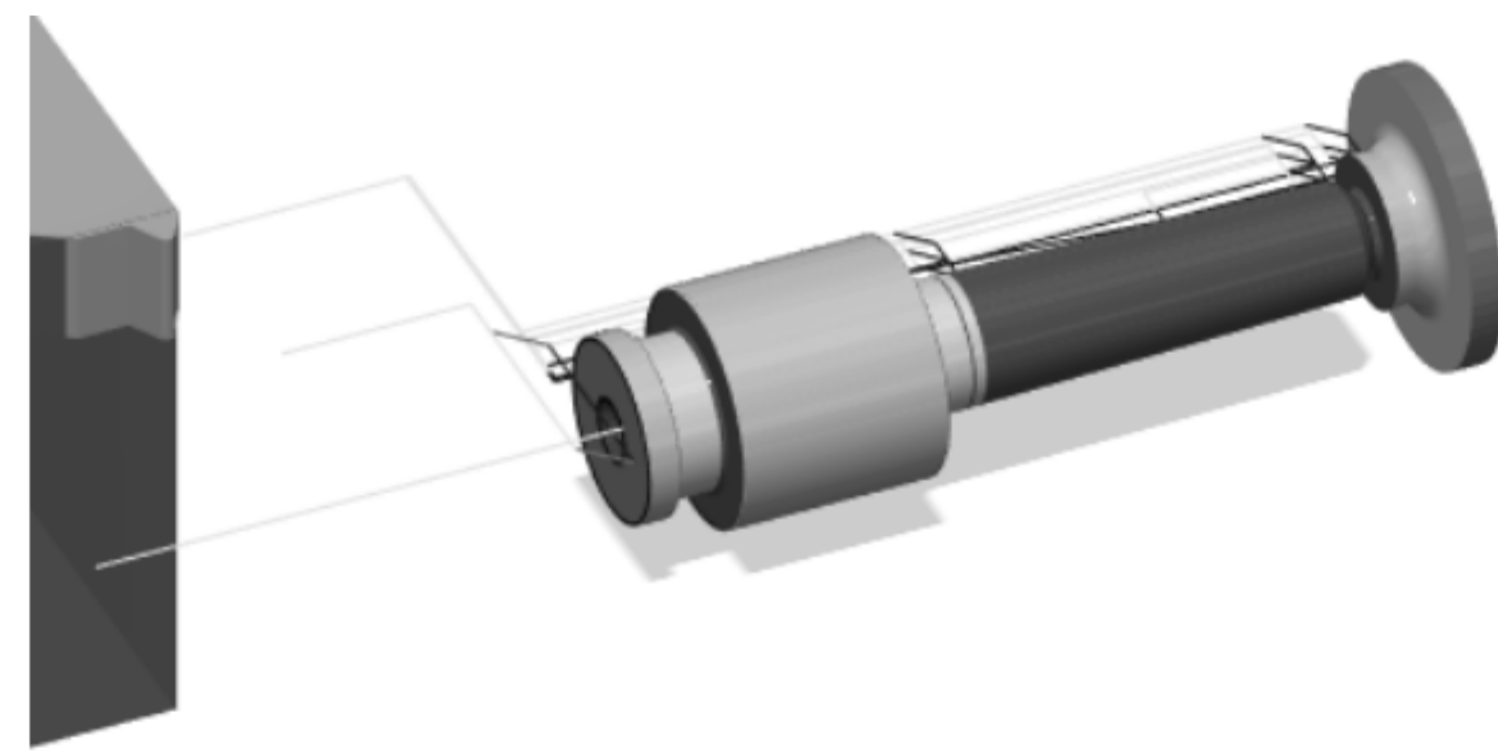


- N203 MSG ("; Profile Roughing6")
- N204 G18
- N205 DIAMON
- N206 M1
- N207 T3 D1
- N208 M6
- N209 SETMS(1)
- N210 G97 S1=970 M1=3
- N211 G54
- N213 LIMS(1)=5000
- N214 D0
- N215 M8
- N216 G0 Y0
- N217 Z54 X30
- N218 SETMS(1)
- N219 G96 S1=91 M1=3
- N220 Z-25
- N221 X8
- N222 G1 Z-5.632 F0.13
- N223 X8.066 Z-5.66
- N224 Z-13.099
- N225 X8
- N226 Z-16.5
- N227 X10
- N228 X12 Z-15.50

- N229 G0 Z-25
- N230 X6.65
- N231 G1 Z-5.066
- N232 X8 Z-5.632
- N233 X10 Z-4.632
- N234 G0 Z-25
- N235 X7.3
- N236 G1 X6.3
- N237 Z-4.1
- N238 X5.3
- N239 Z-4.5
- N240 X6.65 Z-5.066
- N241 X8.65 Z-4.066
- N242 G0 X9.266
- N243 Z-13.599
- N244 X9
- N245 G1 Z-13.099
- N246 X6.174
- N247 Z-16.5
- N248 X8
- N249 X10 Z-15.5
- N250 G0 Z-13.599
- N251 X7.174
- N252 G1 Z-13.099
- N253 X4.66600 D

- N254 X4.578 Z-13.13
- N255 X4.51 Z-13.171
- N256 X4.466 Z-13.22
- N257 X4.449 Z-13.273
- N258 X4.348 Z-15.804
- N259 Z-16.5
- N260 X6.174
- N261 X8.174 Z-15.5
- N262 G0 X11
- N263 Z-25
- N264 X30
- N265 Z54
- N266 SETMS(1)
- N267 G97 S1=970 M1=3
- N268 M9
- N269 G53 X250 D0
- N270 G53 Y0 D0
- N271 G53 Z3

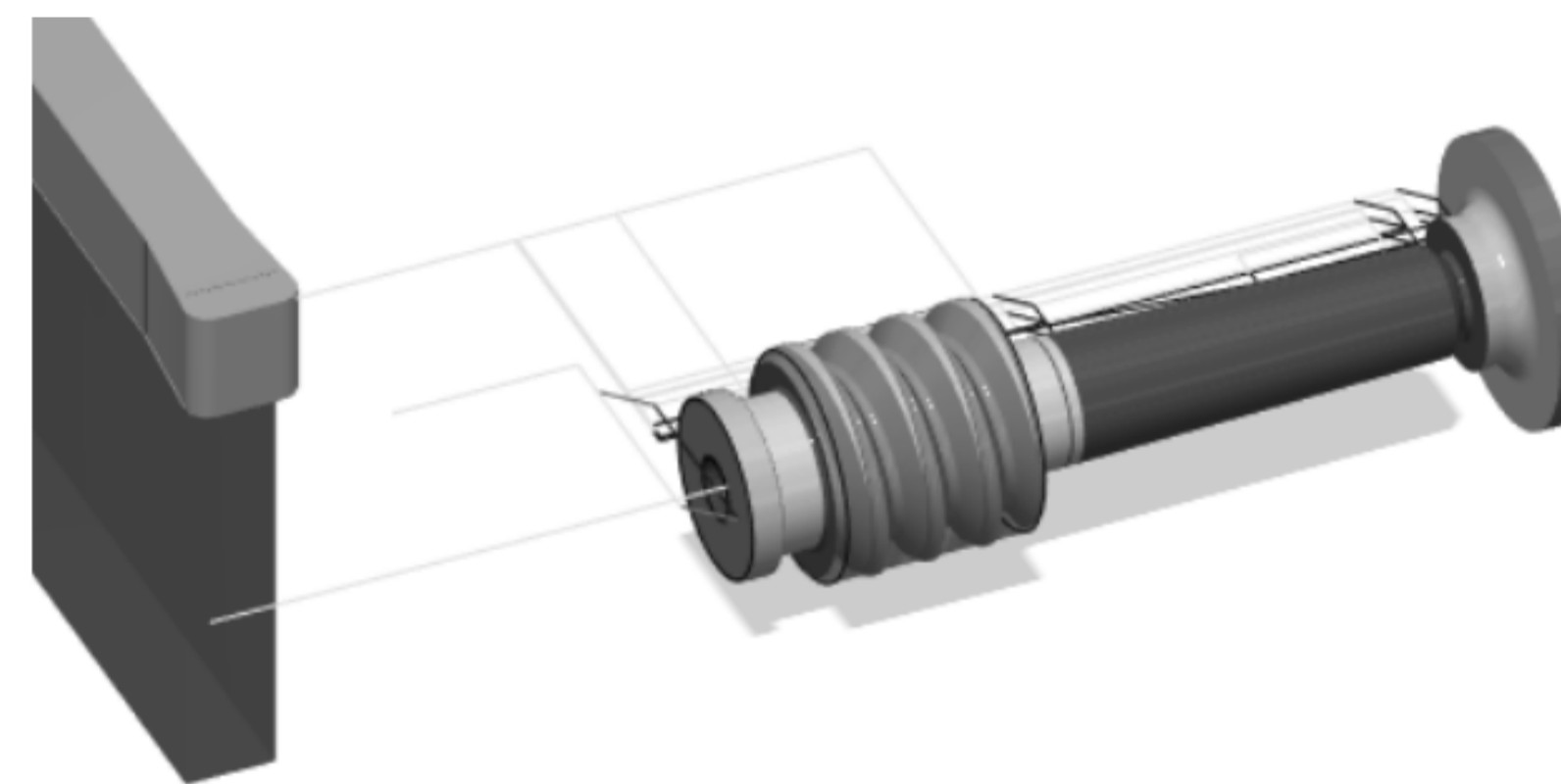
Нарізання різьби



- N272 MSG ("; Thread2")
- N273 G18
- N274 DIAMON
- N275 M1
- N276 T4 D1
- N277 M6
- N278 SETMS(1)
- N279 G97 S1=500 M1=3
- N280 G95
- N281 G54
- N283 D0
- N284 M8
- N285 G0 Y0
- N286 Z5 X30
- N287 Z-6
- N288 X7.466
- N289 G33 Z-14.799 K2
- N290 G33 X7.866 Z-14.999 I2
- N291 G0 X30
- N292 Z-6
- N293 X7.066
- N294 G33 Z-14.599 K2
- N295 G33 X7.866 Z-14.999 I2
- N296 G0 X30
- N297 Z-6

- N298 X6.666
- N299 G33 Z-14.399 K2
- N300 G33 X7.866 Z-14.999 I2
- N301 G0 X30
- N302 Z-6
- N303 X6.266
- N304 G33 Z-14.199 K2
- N305 G33 X7.866 Z-14.999 I2
- N306 G0 X30
- N307 Z-6
- N308 X5.866
- N309 G33 Z-13.999 K2
- N310 G33 X7.866 Z-14.999 I2
- N311 G0 X30
- N312 Z5
- N313 M9
- N314 G53 X250 D0
- N315 G53 Y0 D0
- N316 G53 Z300 D0

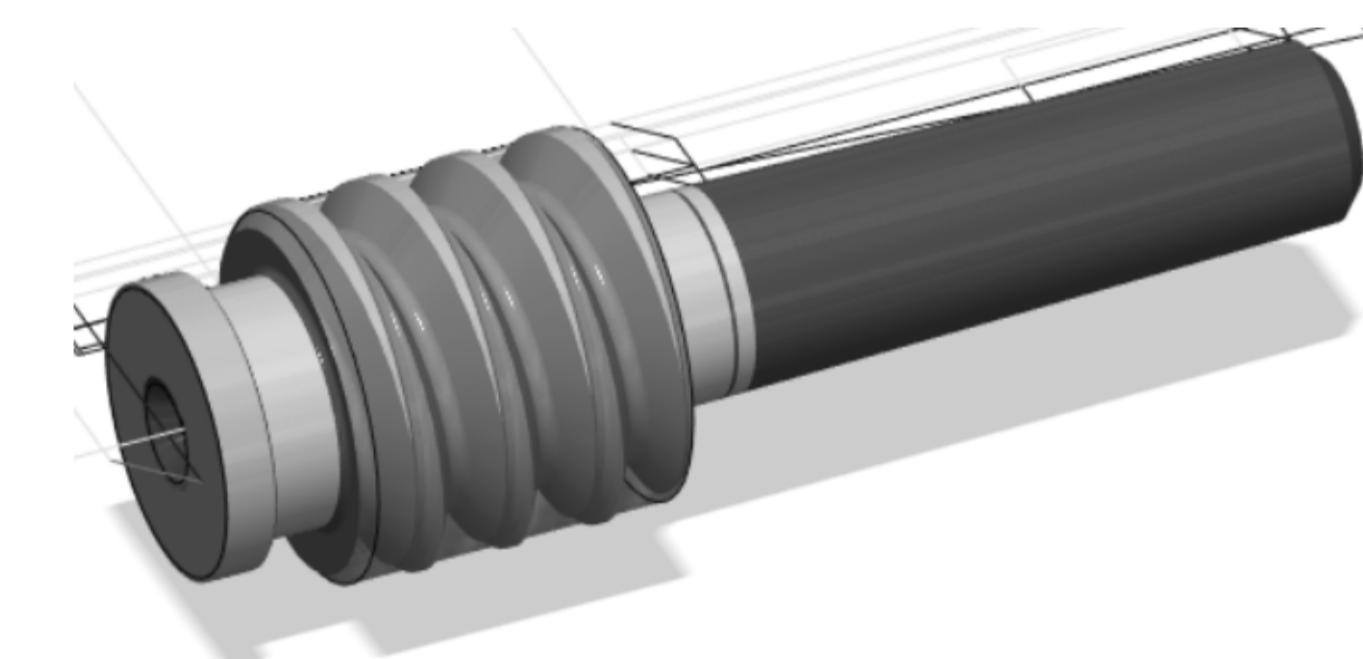
Відрізка деталі



- N317 MSG
- N318 G18
- N319 DIAMON
- N320 M1
- N321 T7 D1
- N322 M6
- N323 SETMS(1)
- N324 G97 S1=970 M1=3
- N325 G54
- N327 LIMS(1)=5000
- N328 D0
- N329 M8
- N330 G0 Y0
- N331 Z5 X30

- N332 SETMS(1)
- N333 G96 S1=91 M1=3
- N334 Z-33
- N335 G1 X-16 F0.13
- N336 X30
- N337 G0 Z5
- N338 SETMS(1)
- N339 G97 S1=970 M1=3

Готова деталь



ДІП.МІ712.005					
Ім.	Кольч.	Лист	Нр/вк.	Підп.	Дат.
ЧПУ				Станд.	Маса
				Лист	Листов
Ім. Ігоря Сікорського					
Формат А1					

Курс 3D-модельвання © 2019-2020 АНО «Інженерний центр». Ресурси в мережі захищені. Підп. і дата. Вектор. Шрифт. РР

Функції в програмі

Таблиця 7

```
def Constr_Size_21():
    PR_21 = pd.read_excel("PR_21.xlsx")

    for i in range(0, len(PR_21["Code"])):
        if D_nom == PR_21.iloc[i, 1] and P == PR_21.iloc[i, 2]:
            z = i

    code = PR_21.iloc[z, 0]
    L = PR_21.iloc[z, 3]
    L_1 = PR_21.iloc[z, 4]
    L_2 = PR_21.iloc[z, 5]
    d_1 = PR_21.iloc[z, 6]
    h = PR_21.iloc[z, 7]

    if d_1 == 'None':
        d_1 = 0

    if h == 'None':
        h = 0

    return code, L, L_1, L_2, d_1, h
```

Шаг P, мм	Наружная резьба					Внутренняя резьба			
	Диаметр резьбы								
	d_1, d_2					D_1, D_2			
	Основное отклонение, мкм								
	es					$\overline{\delta} \quad x \quad EI$			
	d	e	f	g	h	E	F	G	H
0,2	—	—	-32	-17	0	—	+32	+17	0
0,25	—	—	-33	-18	0	—	+33	+18	0
0,3	—	—	-33	-18	0	—	+33	+18	0
0,35	—	—	-34	-19	0	—	+34	+19	0
0,4	—	—	-34	-19	0	—	+34	+19	0
0,45	—	—	-35	-20	0	—	+35	+20	0
0,5	—	-50	-36	-20	0	+50	+36	+20	0
0,6	—	-53	-36	-21	0	+53	+36	+21	0
0,7	—	-56	-38	-22	0	+56	+38	+22	0
0,75	—	-56	-38	-22	0	+56	+38	+22	0
0,8	—	-60	-38	-24	0	+60	+38	+24	0



Продол.

PR	d	P	L		L ₁		L ₂	d ₁ (по допуску на h)	h
			PR-PP Y-PP KH-HE KH-PP KH-PE	Y-HE KH-HE KH-PP KH-PE	PR-PP Y-PP KH-HE KH-PP KH-PE	Y-HE KH-HE KH-PP KH-PE			
8221-0033/1	7,0	1,00	24,0	21,0	8	5,0	—	1,00	
8221-0034/1	7,0	0,75	24,0	21,0	8	5,0	—	1,75	
8221-0035/1	7,0	0,50	22,0	20,0	6	4,0	—	—	
8221-0036/1	8,0	1,25	26,0	22,0	10	6,0	—	1,25	
8221-0037/1	8,0	1,00	26,0	21,0	10	5,0	—	1,00	
8221-0038/1	8,0	0,75	24,0	21,0	8	5,0	—	0,75	
8221-0039/1	8,0	0,50	24,0	21,0	8	5,0	—	—	
8221-0040/1	9,0	1,25	26,0	22,0	10	6,0	12	4	1,25
8221-0041/1	9,0	1,00	26,0	21,0	10	5,0	—	—	1,00
8221-0042/1	9,0	0,75	24,0	21,0	8	5,0	—	—	0,75
8221-0043/1	9,0	0,50	24	21	8	5	—	—	—
8221-0044/1	10	1,50	28	24	12	8	—	—	1,50
8221-0045/1	10	1,25	28	23	12	7	—	—	1,25
8221-0046/1	10	1,00	26	22	10	6	—	—	1,00
8221-0047/1	10	0,75	24	21	8	5	—	—	0,75
8221-0048/1	10	0,50	24	21	8	5	—	—	—
8221-0049/1	11	1,50	31	27	12	8	—	—	1,50
8221-0050/1	11	1,00	29	25	10	6	—	—	1,00
8221-0051/1	11	0,75	27	24	8	5	—	—	0,75
8221-0052/1	11	0,50	27	24	8	5	—	—	—
8221-0053/1	12	1,75	34	28	15	9	—	—	1,75
8221-0054/1	12	1,50	33	27	14	8	—	—	1,50
8221-0055/1	12	1,25	31	26	12	7	—	—	1,25
8221-0056/1	12	1,00	29	25	10	6	14	6	1,00
8221-0057/1	12	0,75	27	24	10	5	—	—	0,75
8221-0058/1	12	0,50	27	24	8	5	—	—	—
8221-0059/1	14	2,00	35	29	16	10	—	—	2,00
8221-0060/1	14	1,50	33	27	14	8	—	—	1,50
8221-0061/1	14	1,25	31	26	12	7	—	—	1,25
8221-0062/1	14	1,00	31	25	12	6	—	—	1,00
8221-0063/1	14	0,75	29	24	10	5	—	—	0,75
8221-0064/1	14	0,50	27	24	8	5	—	—	—

```
def EI_D_1_2():
    for i in range(0, 25):
        if P == EI_D1_D2_raws.iloc[i, 0]:
            x = i

    deviation_ = {'E': 1, 'F': 2, 'G': 3, 'H': 4}
    y = deviation_[deviation]

    EI_D = EI_D1_D2_raws.iloc[x, y]

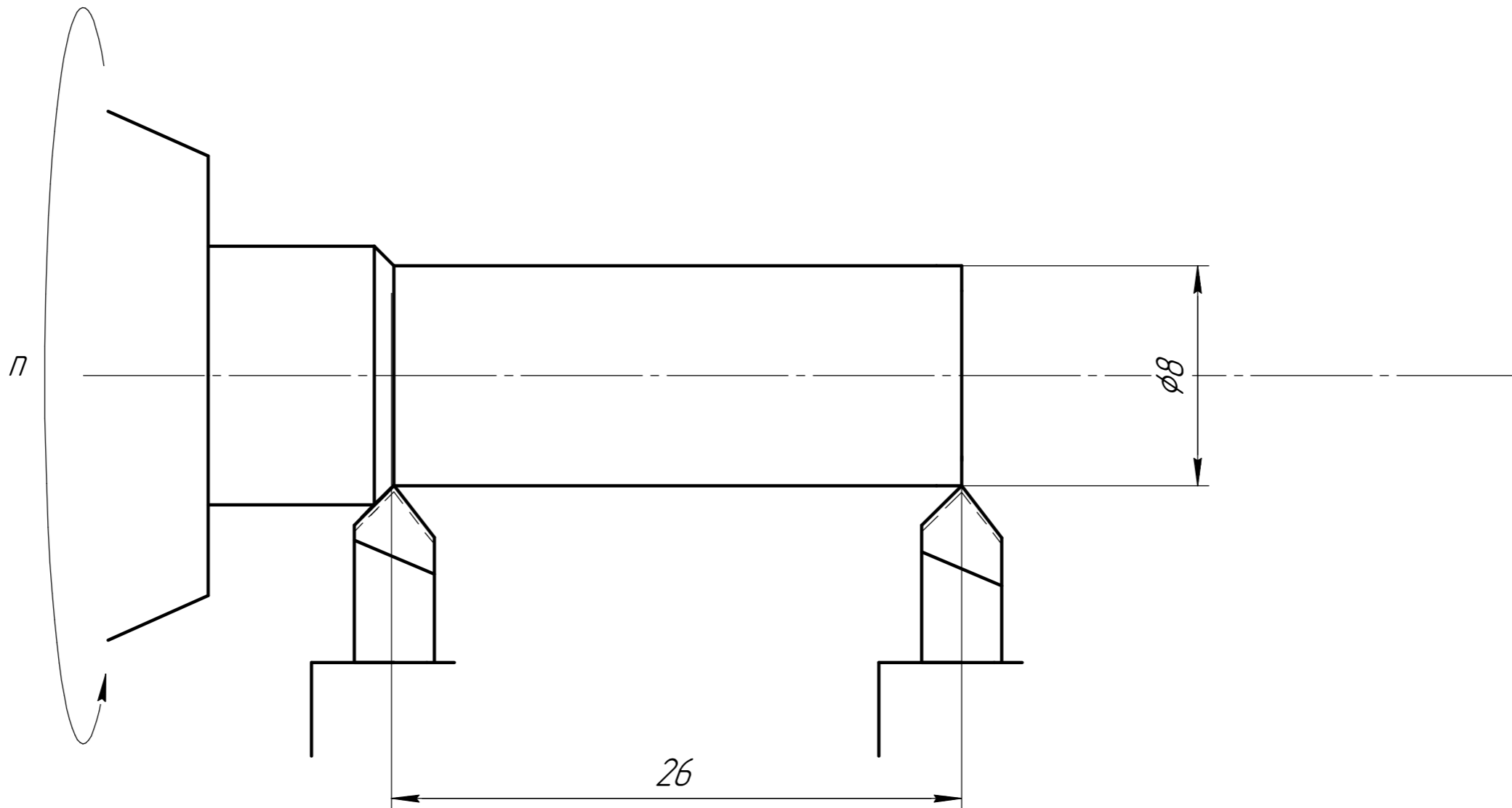
    return EI_D
```

Имя						Фамилия						Дата						Лист						Листов					
Имя						Фамилия						Дата						Лист						Листов					
Имя						Фамилия						Дата						Лист						Листов					
Имя						Фамилия						Дата						Лист						Листов					

Копія з архіву Інституту Національного університету "Львівська політехніка" Рівня всіх прав захищені

Справ. №	Перв. примен.
----------	---------------

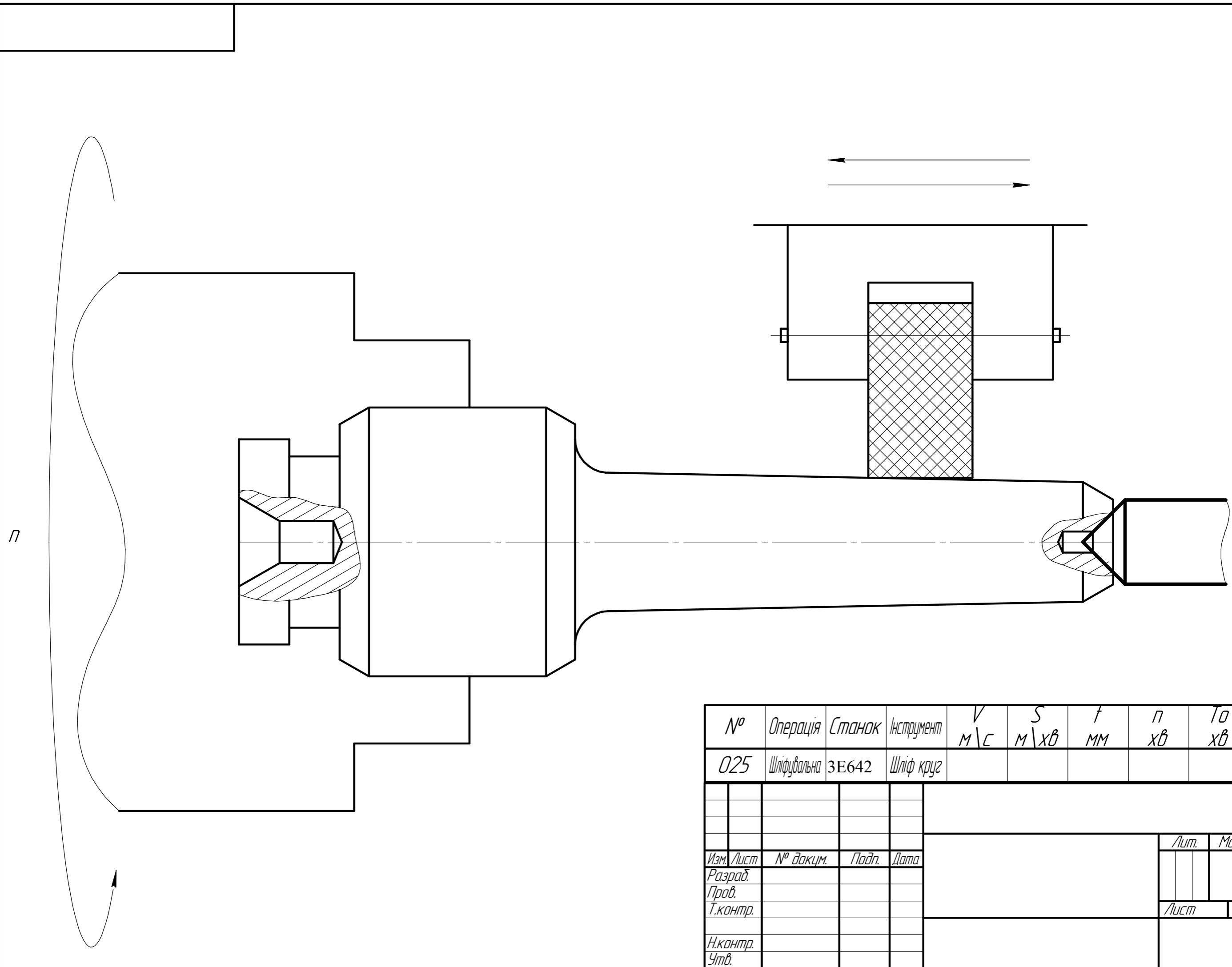
Взам. инв. №	Инв. № д/дел.	Подп. и дата
Инв. № подл.	Подп. и дата	



№	Операция	Станок	Инструмент	V м/с	S м/хв	f мм	n хв	T _о хв	T _{шт} хв
005	Токарна	SV18RA	2112-0005 ГОСТ 18880-73		0.3	1			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.			Масса	Масштаб
Разраб.									1:1
Пров.					Лист			Листов	1
Т.контр.					НТУУ КПІ ім. Ігоря Сікорського Формат А3				
Н.контр.									
Утв.									

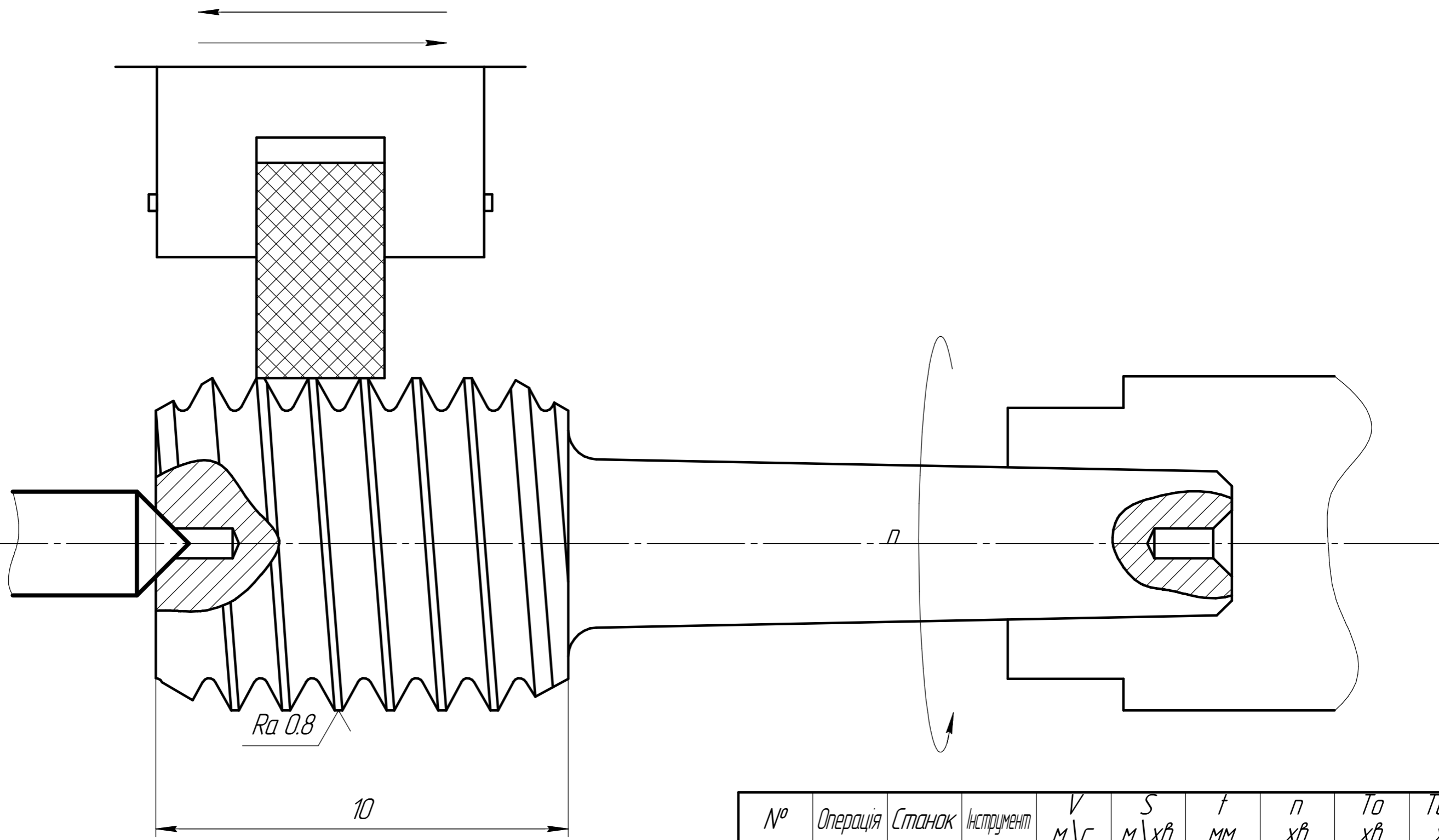
КОМПАС-3D v18.1 Учебная версия © 2019 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № дцкл.	Подп. и дата	Справ. №	Перв. примен.
--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	----------	---------------



№	Операция	Станок	Инструмент	V	S	f	n	T_0	$T_{шт}$	
				м/с	м/хв	мм	хв	хв	хв	
025	Шлифовальная	3Е642	Шлиф круг							
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.										10:1
Проб.								Лист	Листов	1
Т.контр.										
Н.контр.										
Утв.										

ДП.МІ7121.010



№	Операція	Станок	Інструмент	V м\с	S м\хв	f мм	n хв	To хв	Tшт хв
035	Шліфувальна	ЗЕ642	Шліф круг			0.1	315		

ДП.МІ7121.010

Лист	Масса	Масштаб
		10:1
Лист	Листов	1
НТУУ КПІ ім. Ігоря Сікорського		
Формат А3		

Копіровал

КМУПАС-3018114 Україна версія © 2019 ООО "АКЮН-Системы проектирования", Россия Все права защищены

Справ. №

Не для коммерческого использования

Перв. примен.

Справ. №

Взам. инв. №

Инд. № дубл.

Подп. и дата

Инд. № подл.

Подп. и дата

Не для коммерческого использования

Перв. примен.

Справ. №

Взам. инв. №

Инв. № дубл.

Подп. и дата

Подп. и дата

Инв. № подл.

ДП.МІ7121.011



№	Операция	Станок	Инструмент	V м\с	S м\хв	f мм	п хв	To хв	Tшт хв
040	Різьбо-шліфувальна	5K822B	Ельборовий круг			0.01			

				ДП.МІ7121.011		
				Лист	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата		10:1
Разраб.						
Проб.						
Т.контр.					Лист	Листов 1
Н.контр.					НТУУ КПІ ім. Ігоря Сікорського	
Утв.					Формат А3	

Setup Sheet for Program 1001

JOB DESCRIPTION: Setup3

DOCUMENT PATH: Вставка HE ГОСТ 17757-8221-1036_1 v3

Setup

WCS: #0

Stock:

DX: 10mm

DY: 10mm

DZ: 32mm

PART:

DX: 7.87mm

DY: 7.87mm

DZ: 26mm

STOCK LOWER IN WCS #0:

X: -5mm

Y: -5mm

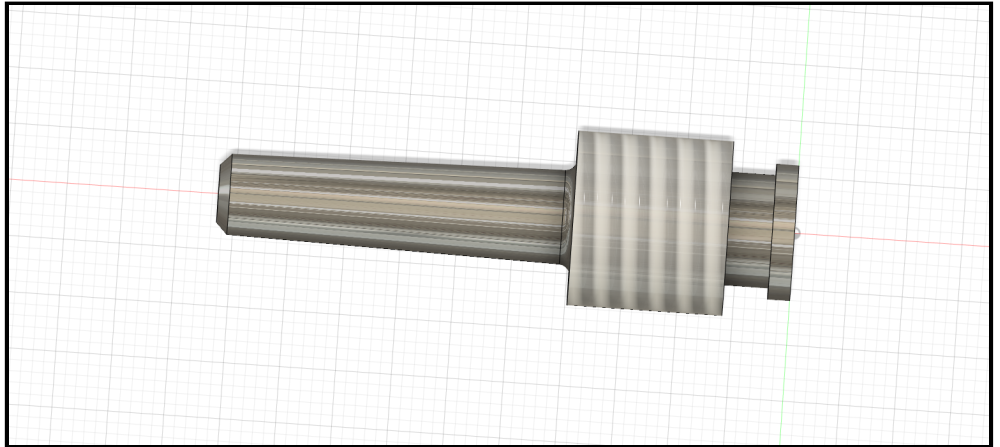
Z: -32mm

STOCK UPPER IN WCS #0:

X: 5mm

Y: 5mm

Z: 0mm



Total

NUMBER OF OPERATIONS: 7

NUMBER OF TOOLS: 6

TOOLS: T1 T3 T4 T6 T7 T8

MAXIMUM Z: 15mm

MINIMUM Z: -33mm

MAXIMUM FEEDRATE: 635mm/min

MAXIMUM SPINDLE SPEED: 9167rpm

CUTTING DISTANCE: 299.66mm

RAPID DISTANCE: 642.8mm

ESTIMATED CYCLE TIME: 2m:26s

Tools

T1 D0

TYPE: general turning

INSERT: ISO C 80deg

EDGE LENGTH: 9.82mm

NOSE RADIUS: 0.8mm

CROSS SECTION: T

TOLERANCE: M

RELIEF: N 0deg

COMPENSATION: Tip tangent

DESCRIPTION: CNMT Right Hand

MINIMUM Z: -30.87mm

MAXIMUM FEED: 635mm/min

MAXIMUM SPINDLE SPEED: 5000rpm

CUTTING DISTANCE: 76.87mm

RAPID DISTANCE: 134.79mm

ESTIMATED CYCLE TIME: 11s (7.4%)

HOLDER: ISO L Right



T3 D0

TYPE: general turning

INSERT: ISO V 35deg

EDGE LENGTH: 16.89mm

NOSE RADIUS: 0.2mm

CROSS SECTION: T

TOLERANCE: M

RELIEF: N 0deg

COMPENSATION: Tip tangent

DESCRIPTION: VNMT Left Hand

MINIMUM Z: -16.5mm

MAXIMUM FEED: 635mm/min

MAXIMUM SPINDLE SPEED: 5000rpm


CUTTING DISTANCE: 41.78mm

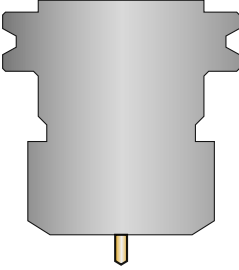
RAPID DISTANCE: 83.16mm


ESTIMATED CYCLE TIME: 6s (4.1%)


HOLDER: ISO L Left




T4 D0	TYPE: thread turning INSERT: ISO triple COMPENSATION: Tip tangent DESCRIPTION: OD Threading	MINIMUM Z: -15mm MAXIMUM FEED: 0mm/min MAXIMUM SPINDLE SPEED: 5000rpm CUTTING DISTANCE: 46.24mm RAPID DISTANCE: 180.66mm ESTIMATED CYCLE TIME: 2s (1.5%)	HOLDER: Straight Right	
--------------	--	---	------------------------	---

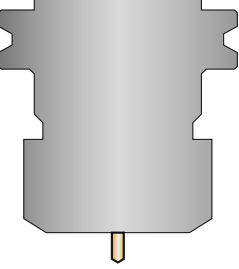
T6 D6 L6	TYPE: center drill LIVE DIAMETER: 3.17mm TIP ANGLE: 118° LENGTH: 7.99mm FLUTES: 2 DESCRIPTION: #1 Center Drill	MINIMUM Z: -5.27mm MAXIMUM FEED: 436.594mm/min MAXIMUM SPINDLE SPEED: 9167rpm CUTTING DISTANCE: 7.27mm RAPID DISTANCE: 33.27mm ESTIMATED CYCLE TIME: 1s (1%)	HOLDER: Maritool CAT40-ER32-2.35 VENDOR: Maritool PRODUCT: CAT40-ER32-2.35	
-----------------	---	---	--	---

T7 D0	TYPE: groove turning INSERT: Square WIDTH: 4mm NOSE RADIUS: 0.8mm COMPENSATION: Tip DESCRIPTION: OD Grooving	MINIMUM Z: -33mm MAXIMUM FEED: 635mm/min MAXIMUM SPINDLE SPEED: 5000rpm CUTTING DISTANCE: 31.6mm RAPID DISTANCE: 76mm ESTIMATED CYCLE TIME: 9s (6.2%)	HOLDER: External Right	
--------------	---	--	------------------------	---

T8 D0	TYPE: general turning INSERT: ISO V 35deg EDGE LENGTH: 16.89mm NOSE RADIUS: 0.2mm CROSS SECTION: T TOLERANCE: M RELIEF: N 0deg COMPENSATION: Tip tangent DESCRIPTION: VNMT Right Hand	MINIMUM Z: -29.34mm MAXIMUM FEED: 635mm/min MAXIMUM SPINDLE SPEED: 5000rpm CUTTING DISTANCE: 95.9mm RAPID DISTANCE: 134.92mm ESTIMATED CYCLE TIME: 11s (7.8%)	HOLDER: ISO L Right	
--------------	---	--	---------------------	--

Operations

Operation 1/7	DESCRIPTION: Face3 STRATEGY: Turning Face WCS: #0 TOLERANCE: 0.01mm	MAXIMUM Z: 5mm MINIMUM Z: -3mm SURFACE SPEED: 91m/min FEEDRATE PER REV: 0.127mm CUTTING DISTANCE: 12.39mm RAPID DISTANCE: 21.56mm ESTIMATED CYCLE TIME: 2s (1.2%) COOLANT: Flood	T1 D0	TYPE: general turning INSERT: ISO C 80deg EDGE LENGTH: 9.82mm NOSE RADIUS: 0.8mm CROSS SECTION: T TOLERANCE: M RELIEF: N 0deg COMPENSATION: Tip tangent DESCRIPTION: CNMT Right Hand	
----------------------	--	---	--------------	--	---

Operation 2/7	DESCRIPTION: Drill3 STRATEGY: Drilling WCS: #0 TOLERANCE: 0.01mm	MAXIMUM Z: 15mm MINIMUM Z: -5.27mm MAXIMUM SPINDLE SPEED: 9167rpm MAXIMUM FEEDRATE: 436.594mm/min CUTTING DISTANCE: 7.27mm RAPID DISTANCE: 33.27mm ESTIMATED CYCLE TIME: 1s (1%) COOLANT: Flood	T6 D6 L6	TYPE: center drill LIVE DIAMETER: 3.17mm TIP ANGLE: 118° LENGTH: 7.99mm FLUTES: 2 DESCRIPTION: #1 Center Drill	
----------------------	---	--	-----------------	---	---

<p>Operation 3/7 DESCRIPTION: Profile Roughing3 WCS: #0 TOLERANCE: 0.01mm MAXIMUM STEPOVER: 1.2mm</p>	<p>MAXIMUM Z: 5mm MINIMUM Z: -30.87mm SURFACE SPEED: 91m/min FEEDRATE PER REV: 0.127mm CUTTING DISTANCE: 64.48mm RAPID DISTANCE: 113.23mm ESTIMATED CYCLE TIME: 9s (6.2%) COOLANT: Flood</p>	<p>T1 D0 TYPE: general turning INSERT: ISO C 80deg EDGE LENGTH: 9.82mm NOSE RADIUS: 0.8mm CROSS SECTION: T TOLERANCE: M RELIEF: N 0deg COMPENSATION: Tip tangent DESCRIPTION: CNMT Right Hand</p>	
<p>Operation 4/7 DESCRIPTION: Profile Roughing5 WCS: #0 TOLERANCE: 0.01mm MAXIMUM STEPOVER: 1mm</p>	<p>MAXIMUM Z: 5mm MINIMUM Z: -29.34mm SURFACE SPEED: 91m/min FEEDRATE PER REV: 0.127mm CUTTING DISTANCE: 95.9mm RAPID DISTANCE: 134.92mm ESTIMATED CYCLE TIME: 11s (7.8%) COOLANT: Flood</p>	<p>T8 D0 TYPE: general turning INSERT: ISO V 35deg EDGE LENGTH: 16.89mm NOSE RADIUS: 0.2mm CROSS SECTION: T TOLERANCE: M RELIEF: N 0deg COMPENSATION: Tip tangent DESCRIPTION: VNMT Right Hand</p>	
<p>Operation 5/7 DESCRIPTION: Profile Roughing6 WCS: #0 TOLERANCE: 0.01mm MAXIMUM STEPOVER: 1mm</p>	<p>MAXIMUM Z: 5.4mm MINIMUM Z: -16.5mm SURFACE SPEED: 91m/min FEEDRATE PER REV: 0.127mm CUTTING DISTANCE: 41.78mm RAPID DISTANCE: 83.16mm ESTIMATED CYCLE TIME: 6s (4.1%) COOLANT: Flood</p>	<p>T3 D0 TYPE: general turning INSERT: ISO V 35deg EDGE LENGTH: 16.89mm NOSE RADIUS: 0.2mm CROSS SECTION: T TOLERANCE: M RELIEF: N 0deg COMPENSATION: Tip tangent DESCRIPTION: VNMT Left Hand</p>	
<p>Operation 6/7 DESCRIPTION: Thread2 STRATEGY: Turning Thread WCS: #0 TOLERANCE: 0.01mm</p>	<p>MAXIMUM Z: 5mm MINIMUM Z: -15mm MAXIMUM SPINDLE SPEED: 500rpm FEEDRATE PER REV: 1mm CUTTING DISTANCE: 46.24mm RAPID DISTANCE: 180.66mm ESTIMATED CYCLE TIME: 2s (1.5%) COOLANT: Flood</p>	<p>T4 D0 TYPE: thread turning INSERT: ISO triple COMPENSATION: Tip tangent DESCRIPTION: OD Threading</p>	
<p>Operation 7/7 DESCRIPTION: Part2 STRATEGY: Turning Part WCS: #0 TOLERANCE: 0.01mm</p>	<p>MAXIMUM Z: 5mm MINIMUM Z: -33mm SURFACE SPEED: 91m/min FEEDRATE PER REV: 0.127mm CUTTING DISTANCE: 31.6mm RAPID DISTANCE: 76mm ESTIMATED CYCLE TIME: 9s (6.2%) COOLANT: Flood</p>	<p>T7 D0 TYPE: groove turning INSERT: Square WIDTH: 4mm NOSE RADIUS: 0.8mm COMPENSATION: Tip DESCRIPTION: OD Grooving</p>	

Setup Sheet for Program 1001

JOB DESCRIPTION: Setup1

DOCUMENT PATH: Вставка ПР ГОСТ 17756-8221-0036_1 v1

Setup

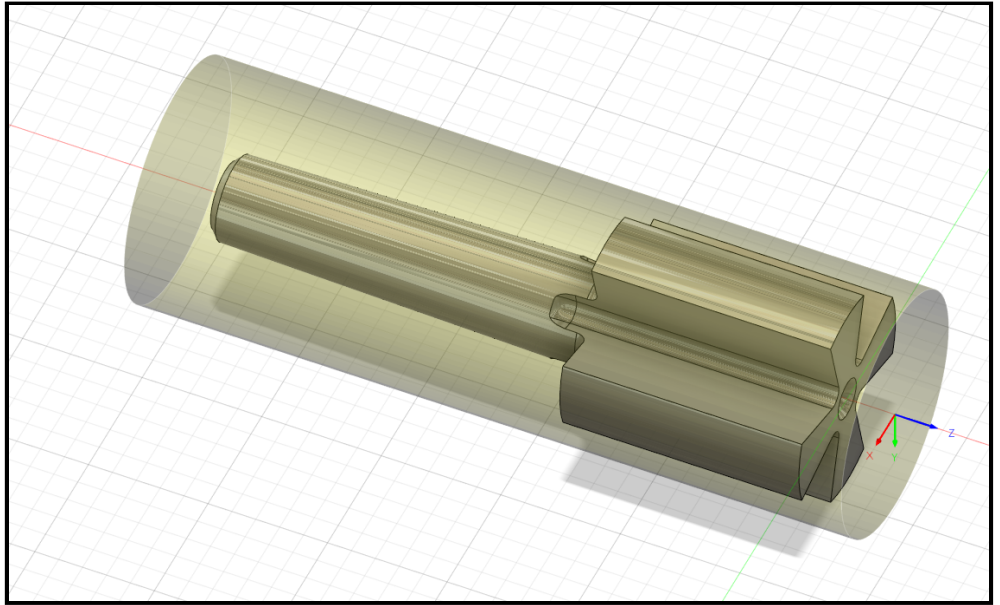
WCS: #0

Stock:
DX: 10mm
DY: 10mm
DZ: 30mm

PART:
DX: 9mm
DY: 9mm
DZ: 26mm

Stock LOWER IN WCS #0:
X: -5mm
Y: -5mm
Z: -30mm

Stock UPPER IN WCS #0:
X: 5mm
Y: 5mm
Z: 0mm



Total

NUMBER OF OPERATIONS: 6
NUMBER OF TOOLS: 5
TOOLS: T1 T3 T4 T6 T7
MAXIMUM Z: 15mm
MINIMUM Z: -32mm
MAXIMUM FEEDRATE: 635mm/min
MAXIMUM SPINDLE SPEED: 9167rpm
CUTTING DISTANCE: 252.42mm
RAPID DISTANCE: 507.87mm
ESTIMATED CYCLE TIME: 2m:2s

Tools

T1 D0

TYPE: general turning
INSERT: ISO C 80deg
EDGE LENGTH: 9.82mm
NOSE RADIUS: 0.8mm
CROSS SECTION: T
TOLERANCE: M
RELIEF: N 0deg
COMPENSATION: Tip tangent
DESCRIPTION: CNMT Right Hand

MINIMUM Z: -28.87mm
MAXIMUM FEED: 635mm/min
MAXIMUM SPINDLE SPEED: 5000rpm
CUTTING DISTANCE: 56.88mm
RAPID DISTANCE: 107.13mm
ESTIMATED CYCLE TIME: 9s (7.4%)

HOLDER: ISO L Right



T3 D0

TYPE: thread turning
INSERT: ISO triple
COMPENSATION: Tip tangent
DESCRIPTION: OD Threading

MINIMUM Z: -14mm
MAXIMUM FEED: 0mm/min
MAXIMUM SPINDLE SPEED: 5000rpm
CUTTING DISTANCE: 66.24mm
RAPID DISTANCE: 185mm
ESTIMATED CYCLE TIME: 2s (1.8%)

HOLDER: Straight Right



T4 D0
 TYPE: general turning
 INSERT: ISO V 35deg
 EDGE LENGTH: 16.89mm
 NOSE RADIUS: 0.2mm
 CROSS SECTION: T
 TOLERANCE: M
 RELIEF: N 0deg
 COMPENSATION: Tip tangent
 DESCRIPTION: VNMT Left Hand

MINIMUM Z: -28.5mm
 MAXIMUM FEED: 635mm/min
 MAXIMUM SPINDLE SPEED: 5000rpm
 CUTTING DISTANCE: 90.82mm
 RAPID DISTANCE: 110.86mm
 ESTIMATED CYCLE TIME: 11s (8.7%)

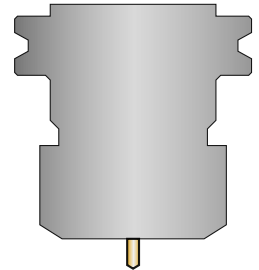
HOLDER: ISO L Left



T6 D6 L6
 TYPE: center drill LIVE
 DIAMETER: 3.17mm
 TIP ANGLE: 118°
 LENGTH: 7.99mm
 FLUTES: 2
 DESCRIPTION: #1 Center Drill

MINIMUM Z: -3.88mm
 MAXIMUM FEED: 436.594mm/min
 MAXIMUM SPINDLE SPEED: 9167rpm
 CUTTING DISTANCE: 6.88mm
 RAPID DISTANCE: 30.88mm
 ESTIMATED CYCLE TIME: 1s (1.1%)

HOLDER: Maritool CAT40-ER32-2.35
 VENDOR: Maritool
 PRODUCT: CAT40-ER32-2.35



T7 D0
 TYPE: groove turning
 INSERT: Square
 WIDTH: 4mm
 NOSE RADIUS: 0.8mm
 COMPENSATION: Tip
 DESCRIPTION: OD Grooving

MINIMUM Z: -32mm
 MAXIMUM FEED: 635mm/min
 MAXIMUM SPINDLE SPEED: 5000rpm
 CUTTING DISTANCE: 31.6mm
 RAPID DISTANCE: 74mm
 ESTIMATED CYCLE TIME: 9s (7.4%)

HOLDER: External Right



Operations

Operation 1/6
 DESCRIPTION: Face1
 STRATEGY: Turning Face
 WCS: #0
 TOLERANCE: 0.01mm

MAXIMUM Z: 5mm
 MINIMUM Z: -2mm
 SURFACE SPEED: 91m/min
 FEEDRATE PER REV: 0.127mm
 CUTTING DISTANCE: 13.21mm
 RAPID DISTANCE: 37.56mm
 ESTIMATED CYCLE TIME: 2s (1.8%)
 COOLANT: Flood

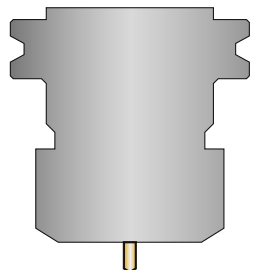
T1 D0
 TYPE: general turning
 INSERT: ISO C 80deg
 EDGE LENGTH: 9.82mm
 NOSE RADIUS: 0.8mm
 CROSS SECTION: T
 TOLERANCE: M
 RELIEF: N 0deg
 COMPENSATION: Tip tangent
 DESCRIPTION: CNMT Right Hand



Operation 2/6
 DESCRIPTION: Drill1
 STRATEGY: Drilling
 WCS: #0
 TOLERANCE: 0.01mm

MAXIMUM Z: 15mm
 MINIMUM Z: -3.88mm
 MAXIMUM SPINDLE SPEED: 9167rpm
 MAXIMUM FEEDRATE: 436.594mm/min
 CUTTING DISTANCE: 6.88mm
 RAPID DISTANCE: 30.88mm
 ESTIMATED CYCLE TIME: 1s (1.1%)
 COOLANT: Flood

T6 D6 L6
 TYPE: center drill LIVE
 DIAMETER: 3.17mm
 TIP ANGLE: 118°
 LENGTH: 7.99mm
 FLUTES: 2
 DESCRIPTION: #1 Center Drill



Operation 3/6
 DESCRIPTION: Profile Roughing1
 WCS: #0
 TOLERANCE: 0.01mm
 MAXIMUM STEPOVER: 1.2mm

MAXIMUM Z: 5mm
 MINIMUM Z: -28.87mm
 SURFACE SPEED: 91m/min
 FEEDRATE PER REV: 0.127mm
 CUTTING DISTANCE: 43.66mm
 RAPID DISTANCE: 69.57mm
 ESTIMATED CYCLE TIME: 7s (5.6%)
 COOLANT: Flood

T1 D0
 TYPE: general turning
 INSERT: ISO C 80deg
 EDGE LENGTH: 9.82mm
 NOSE RADIUS: 0.8mm
 CROSS SECTION: T
 TOLERANCE: M
 RELIEF: N 0deg
 COMPENSATION: Tip tangent
 DESCRIPTION: CNMT Right Hand



<p>Operation 4/6 DESCRIPTION: Profile Roughing2 WCS: #0 TOLERANCE: 0.01mm MAXIMUM STEPOVER: 1mm</p>	<p>MAXIMUM Z: 5.4mm MINIMUM Z: -28.5mm SURFACE SPEED: 91m/min FEEDRATE PER REV: 0.127mm CUTTING DISTANCE: 90.82mm RAPID DISTANCE: 110.86mm ESTIMATED CYCLE TIME: 11s (8.7%) COOLANT: Flood</p>	<p>T4 D0 TYPE: general turning INSERT: ISO V 35deg EDGE LENGTH: 16.89mm NOSE RADIUS: 0.2mm CROSS SECTION: T TOLERANCE: M RELIEF: N 0deg COMPENSATION: Tip tangent DESCRIPTION: VNMT Left Hand</p>	
<p>Operation 5/6 DESCRIPTION: Thread2 STRATEGY: Turning Thread WCS: #0 TOLERANCE: 0.01mm</p>	<p>MAXIMUM Z: 5mm MINIMUM Z: -14mm MAXIMUM SPINDLE SPEED: 500rpm FEEDRATE PER REV: 1mm CUTTING DISTANCE: 66.24mm RAPID DISTANCE: 185mm ESTIMATED CYCLE TIME: 2s (1.8%) COOLANT: Flood</p>	<p>T3 D0 TYPE: thread turning INSERT: ISO triple COMPENSATION: Tip tangent DESCRIPTION: OD Threading</p>	
<p>Operation 6/6 DESCRIPTION: Part1 STRATEGY: Turning Part WCS: #0 TOLERANCE: 0.01mm</p>	<p>MAXIMUM Z: 5mm MINIMUM Z: -32mm SURFACE SPEED: 91m/min FEEDRATE PER REV: 0.127mm CUTTING DISTANCE: 31.6mm RAPID DISTANCE: 74mm ESTIMATED CYCLE TIME: 9s (7.4%) COOLANT: Flood</p>	<p>T7 D0 TYPE: groove turning INSERT: Square WIDTH: 4mm NOSE RADIUS: 0.8mm COMPENSATION: Tip DESCRIPTION: OD Grooving</p>	