

Міністерство освіти і науки України
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
Інститут інженерної механіки і робототехніки
Кафедра: комп'ютеризованого машинобудування

Григоренко Вадим Андрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 621.91

(індекс)

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

Технологія виготовлення деталі «Гайка 00.000.06.10.10.09»

(назва роботи)

Комп'ютеризовані і роботизовані технології машинобудування

(назва освітньої програми)

131 – Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

Здобувач освітнього ступеня Григоренко В.А.

(підпис, ініціали та прізвище здобувача)

Науковий керівник професор Роп'як Л. Я.

(підпис, прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання керівника)

Допущено до захисту

Завідувач кафедри

професор Панчук В. Г.

(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Інститут Інженерної механіки і робототехніки

Кафедра Комп'ютеризованого машинобудування

Освітній рівень магістр

Спеціальність 131-Прикладна механіка

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____

«____» _____ 2025 року

З А В Д А Н Н Я НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ

Григоренку Вадиму Андрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Технологія виготовлення деталі «Гайка 00.000.06.10.10.09»

керівник роботи _____ професор Роп'як Л. Я. _____,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «05» листопада 2025 року № 694/7

2. Строк подання здобувачем роботи _____

3. Вихідні дані до роботи креслення деталі «Гайка 00.000.10.10.09»

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

1. Технологічна частина
2. Конструкторська частина
3. Вибір засобів технологічного оснащення
4. Моделювання деталі «Гайка»

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Креслення деталі – 1 арк ф. А4.
2. Креслення пристрою фрезерного – 1 арк ф. А1.
3. 3Д модель пристрою фрезерного – 1 арк ф. А1.
4. Вибір інструменту – 1 арк ф. А1.
5. Імітація обробки на операцію 020 та 030 – 1 арк ф. А1.
6. Імітація обробки на операцію 040 та 050 – 1 арк ф. А1.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-5	Роп'як Л. Я.	06.10.2025	

7. Дата видачі завдання: 06.10.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Теоретична частина	20.10.2025	
2	Конструкторська частина	01.11.2025	
3	Складання приладу	23.11.2025	
4	Оформлення роботи	13.12.2025	

Здобувач _____
(підпис)

Григоренко В.А
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Роп'як Л.Я.
(прізвище та ініціали)

Анотація

Тема цієї магістерської роботи присвячена розробці та обґрунтуванню технологічного процесу виготовлення деталі «Гайка 00-00.06.10.10.09». У роботі проведено детальний аналіз функціонального призначення та геометричних особливостей деталі, яка є складовою частиною муфти зчеплення. Теоретична частина охоплює вивчення сучасних CAD/CAM систем як основи автоматизації проектування та виробництва в машинобудуванні.

На основі аналізу було спроектовано маршрутний технологічний процес механічної обробки заготовки, для якої обрано листовий прокат зі сталі 45. У роботі детально описано вибір металорізального обладнання, зокрема токарного верстата Gildemeister NEF 400 та фрезерних центрів HAAS VM-3 і EC-400. Особлива увага приділена розробці та розрахунку станочного пристосування — трикулачкового силового патрона фірми Roehm для надійного закріплення деталі.

Результатом роботи є створення комплексної технології виготовлення, що включає розробку керуючих програм та цифрове моделювання процесів обробки у програмному комплексі SolidCam. Застосування запропонованих рішень забезпечує високу точність (квалітет), ідентичність геометричних параметрів та задану шорсткість поверхонь.

У науковій частині роботи проведено дослідження способів забезпечення стабільного квалітету поверхні після фрезерних операцій, а також виконано обчислення циклічної довговічності деталі та аналіз гармонічних коливань. Це дозволило оптимізувати параметри різання та підвищити експлуатаційну надійність виробу

Abstract

The topic of this master's thesis is dedicated to the development and justification of the technological process for manufacturing the part "Nut 00-00.06.10.10.09". The work provides a detailed analysis of the functional purpose and geometric features of the part, which is a component of a coupling sleeve. The theoretical part covers the study of modern CAD/CAM systems as the basis for automation of design and production in mechanical engineering.

Based on the analysis, a routing technological process for machining the workpiece was designed, for which Grade 45 sheet steel was selected. The work details the choice of metal-cutting equipment, specifically the Gildemeister NEF 400 lathe and HAAS VM-3 and EC-400 milling centers. Particular attention is paid to the development and calculation of the machine fixture — a Roehm three-jaw power chuck for secure clamping of the part.

The result of the work is the creation of a comprehensive manufacturing technology, including the development of control programs and digital modeling of machining processes in the SolidCam software package. The application of the proposed solutions ensures high precision (quality class), identity of geometric parameters, and the specified surface roughness.

The scientific part of the work includes research on methods for ensuring stable surface quality after milling operations, as well as calculations of the part's cyclic durability and an analysis of harmonic oscillations. This allowed for the optimization of cutting parameters and an increase in the operational reliability of the product.

Зміст

Вступ.....	5
1. Технологічна частина.....	6
1.1 Опис призначення та конструкції деталі.....	6
1.2 Точність, шорсткість поверхонь і їх взаємне розміщення.....	9
1.3 Проектування технологічного процесу виготовлення деталі «Гайка 00.000.06.10.10.00».....	11
2. Пристрій фрезерний.....	16
2.2 Розрахунок сили затиску.....	19
3. Вибір засобів технологічного оснащення.....	22
3.1 Опис верстатів.....	22
3.2 Вибір різального інструменту.....	27
4. Моделювання деталі «Гайка».....	40
4.1 Формування кошика інструментів необхідних для обробки поверхонь деталі.....	40
4.2 Створення керуючої програми обробки на операцію 020.....	40
4.3 Створення керуючої програми обробки на операцію 030.....	43
4.4 Створення керуючої програми обробки на операцію 040.....	45
4.5 Створення керуючої програми обробки на операцію 050.....	48
5. ПАРАМЕТРИЧНА ОПТИМІЗАЦІЯ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ.....	51
5.1 Обчислення циклічної довговічності деталі гайка.....	63
5.2 Аналіз лінійних вільних та вимушених гармонічних коливань.....	65
Висновки.....	71
Список використаних джерел.....	72
Додатки.....	73

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Григоренко В. А.			Пояснювальна записка			
Перевір.		Роп'як Л.Я.						
Н. Контр.					ІФНТУНГ ПМКМ-24-1			
Затверд.								

Вступ

CAD/CAM: Автоматизація Проектування та Виробництва

На сучасному виробництві складних виробів і деталей широко застосовуються автоматизовані методи програмування верстатів з числовим програмним управлінням (ЧПК), відомі як CAD/CAM системи.

Абревіатура CAD розшифровується як "Computer-Aided Design" (автоматизоване проектування), а CAM — як "Computer-Aided Manufacturing" (автоматизоване виробництво). Ці терміни по суті замінили застарілу назву "САПР" (системи автоматизованого програмування) для програмування верстатів ЧПК.

CAD/CAM система — це комп'ютерна технологія, яка використовується для розробки програм виробництва та створення необхідної технічної документації. Це сімейство програм застосовується для створення проектів виробів та деталей, зокрема для подальшого виготовлення на верстатах ЧПК.

Процес роботи з CAD/CAM зазвичай включає два основні етапи:

1. CAD-модельовання: Спершу в середовищі CAD створюються цифрові моделі виробів, які потім можуть бути об'єднані в збірки.
2. CAM-програмування: Далі ці моделі імпортуються в CAM-модуль, де розробляються траєкторії руху інструментів для верстатів ЧПК.

Створена таким чином програма дозволяє верстату ЧПК швидко та з високою точністю виготовляти необхідну деталь. Саме ця можливість — швидке та точне виробництво складних і навіть надскладних виробів — робить ЧПК незамінними в сучасному машинобудуванні.

					MP.ПМКм-05.00.00.000 ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

1. Технологічна частина

1.1 Опис призначення та конструкції деталі

Деталь «Гайка 00-00.06.10.10.09» є складальною одиницею муфти зчеплення 00-000.06.10.10.00.

Муфта призначена для передачі крутного моменту, а також для вмикання та виключення механізму при постійно працюючому двигуні. У маточину 3 гвинтами 15 кріплять направляючу шпонку 17 і надягають нерухомий диск 4 до упору в торець заздалегідь нагвинченої гайки 9.

У глухі отвори діаметром 20 диска встановлюють три пружини 11 і насаджують на маточину натискний диск 5 . тифтами 18. Сектори колодки 8 укладаються між конусами дисків і стягуються запірним кільцем 14. Регулюючи гайкою 9 положення диска 4, домагаються зазору в 1...2 мм між секторами колодки і обоймою 2 чування гайки. На інший кінець маточини насаджують втулку включення 6 із запресованими опорами 19 і надягають кільце 13, яке обмежує поступальне переміщення втулки величиною 40 мм. Гайка 1 кріпиться гвинтами 16 до обойми 2, насаджується на вал двигуна і з'єднується з ним шпонкою (не показано). Ступиця 3 у зборі кріпиться іншою шпонкою (не показано) на валу механізму.

Робота муфти: вмикання муфти здійснюється важелем управління через тяги і повідець (не показані), з'єднаний з опорами 19. При цьому втулка 6 переміщається по маточці 3, натискає на важелі 7 і утоплює їх. Важелі, повертаючись, упираються в торець натискного диска 5 і наближають його до диска 4, стискаючи пружини 11. Сектори колодки 8 щільно притискаються до внутрішньої поверхні обойми 2. Внаслідок сухого тертя секторів колодки про поверхню обойми і дисків, обертання. При вимиканні муфти втулка 6 звільняє важелі 7. Пружини розсувають 11 диски. Сектори колодки стягуються кільцем 14. Вісь між приводною частиною механізму та рештою частин муфти створює зазор 1...2 мм, тому маточина 3 у зборі і приводний вал механізму зупиняється.

муфта зчеплення зображена на рис 1.1.

					MP.ПМКМ-05.00.00.000 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

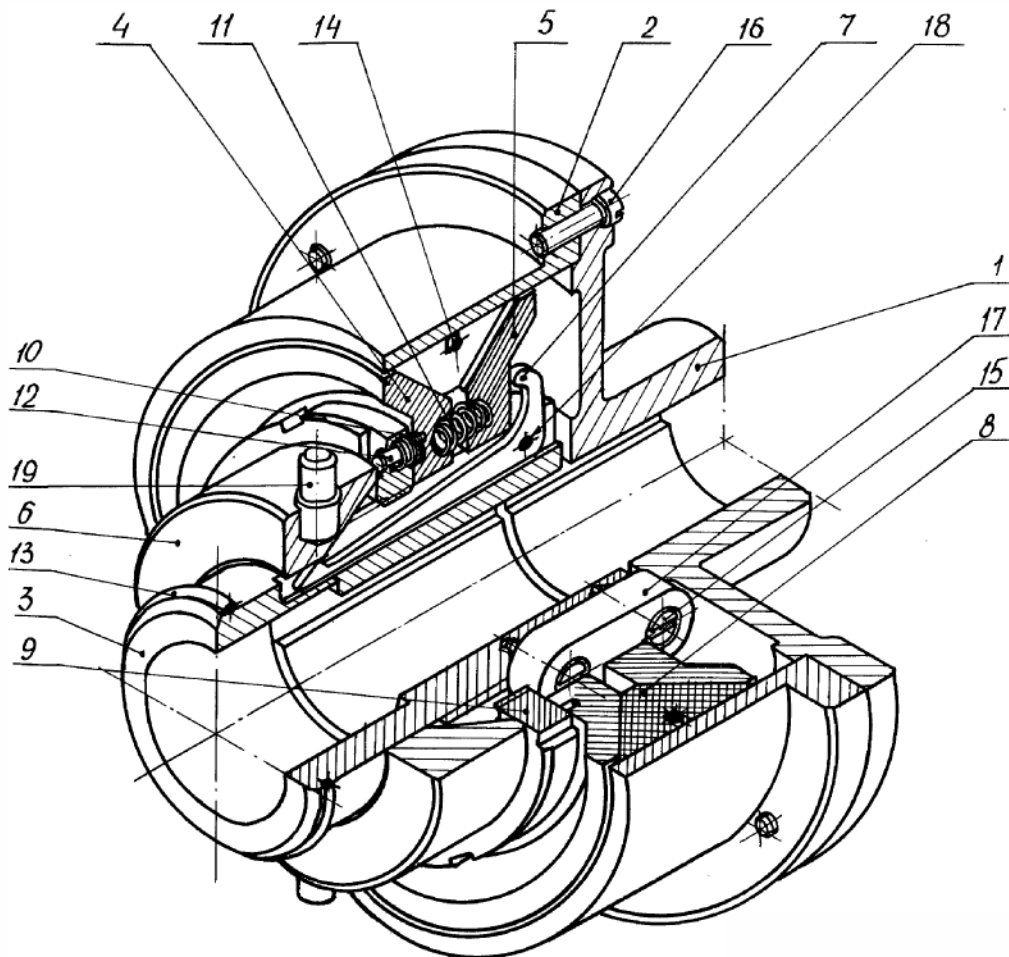


Рисунок 1.1 – Муфта зчеплення 00-000.06.10.10.00.

Дана деталь виготовляється із сталі 45ДСТУ 2651:2005, найбільш економічно вигідною заготовкою для даної деталі є листовий прокат товщиною 20мм
Креслення деталі показане на рис 1.2

					МР.ПМКМ-05.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		6

Таблиця 1.2 - Механічні властивості сталі 35 ДСТУ 2651:2005

Марка матеріалу	Твердість по Брінелю НВ, не більше	Границя міцності при розтягу, σ_B МПа	Пластичність Ψ , %	Відносне видовження, δ , %
Сталь 35	315	530	20	45

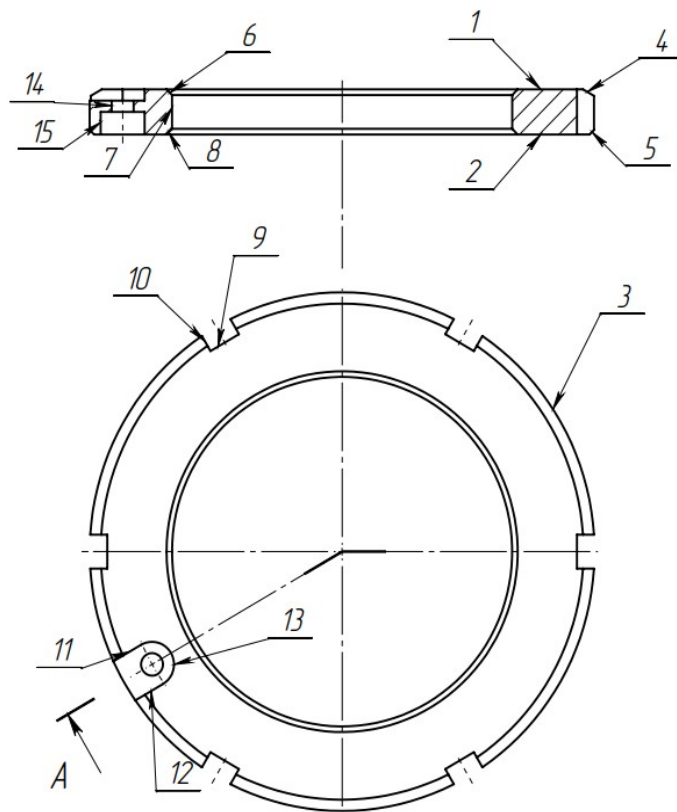


Рисунок 1.3 – Ескіз деталі із номерами її поверхонь

1.2 Точність, шорсткість поверхонь і їх взаємне розміщення

Для того щоб забезпечити довговічність деталі і зменшити витрати на виробництво. Потрібно зробити вибір шорсткості, точності розмірів поверхонь та взаємного їх розміщення.

Для зручності проведення аналізу вимог щодо якості поверхонь та точності зведемо їх у таблицю 1.3 користуючись нормативами

					МР.ПМКМ-05.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		8

Таблиця 1.3 - Точність, шорсткість поверхонь і їх взаємне розміщення

№ поверхні і	Класифікація поверхні	Розмір та точність поверхні	Точність форми і розміщення	Шорсткість мкм
1,2	Торцеві поверхні	20 h14	Особливих вимог немає	Ra 3,2; 1,6
3	Зовнішня циліндрична	∅230 h14	Особливих вимог немає	Ra 6,3
4,5	Фаска	2*45	Особливих вимог немає	Ra 6,3
6,8	Фаска	2,5*45	Особливих вимог немає	Ra 6,3
7	Різьба	∅155*3-6H	Особливих вимог немає	Ra 3,2
9	Паз	8h4	Особливих вимог немає	Ra 6,3
10	Паз	15 h14	Особливих вимог немає	Ra 6,3
11,12	Паз	20 h14	Особливих вимог немає	Ra 6,3
13	Скруглення	R10	Особливих вимог немає	Ra 6,3
14	Отвір	∅10 H14	Особливих вимог немає	Ra 6,3
15	Отвір	∅20 H4	Особливих вимог немає	Ra 12,5

					MP.ПМКМ-05.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		9

1.3 Проектування технологічного процесу виготовлення деталі «Гайка 00.000.06.10.10.09»

Таблиця 1.4.Маршрут обробки деталі

№ оп	Назва та зміст операції	Верстат, пристрій	Схема базування
10	Заготівельна		
20	Токарна з ЧПК 1. Точити пов 1,4,3 напівчисто 2. Точити пов 1 начисто	Токарний з ЧПК Gildemeister NEF 400-ID Різець DDNNN 2525M 1504 + вставка для точіння DNMG 15 04 16-PR 4425 Різець DSDNN 2020K 12 +вставка для точіння SNMG 12 04 16-PR 4425 3- кулачковий патрон KFD-HS 200 KK SV	Рис 1.4
30	Токарна з ЧПК 1. Точити пов 2,5 напівчисто 2. Точити пов 2 начисто 3. Розточити пов 6,7,8 начисто 4. Нарізати різьбу 7	Токарний з ЧПК Gildemeister NEF 400-ID Різець DDNNN 2525M 1504 + вставка для точіння DNMG 15 04 16-PR 4425 Різець DSDNN 2020K 12 +вставка для точіння SNMG 12 04 16-PR 4425 Різець A20S-SDXCR 11 + вставка для точіння DCMT 11 T3 12-PR 4425 3- кулачковий патрон KFD-HS 200 KK SV	Рис 1.5

					MP.ПМКм-05.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		10

40	Горизонтально-Фрезерна <ul style="list-style-type: none"> Фрезерувати 6 пазів 9,10 послідовно 	Верстат Горизонтально фрезерний з ЧПК ЕС-400 Фреза дискова N331.32C-100S32FM + N331.1A-08 45 08M-PM4330 Лещата RBAW 748-10	Рис 1.6
50	Вертикально-фрезерна з ЧПК <ol style="list-style-type: none"> свердлити пов 14 розвернути пов 15 свердлити пов 15 Перевстановити деталь <ul style="list-style-type: none"> Фрезерувати паз 11,12,13 	Верстат Вертикально фрезерний з ЧПК HAAS VM-3 Свердло 860.1-1000-031A1-PM P1BM Свердло 860.1-2000-055A1-PM P1BM Фреза 490-020A16-08L + 490R-08T316M-PH 1230 Лещата RBAW 748-10	Рис 1.7

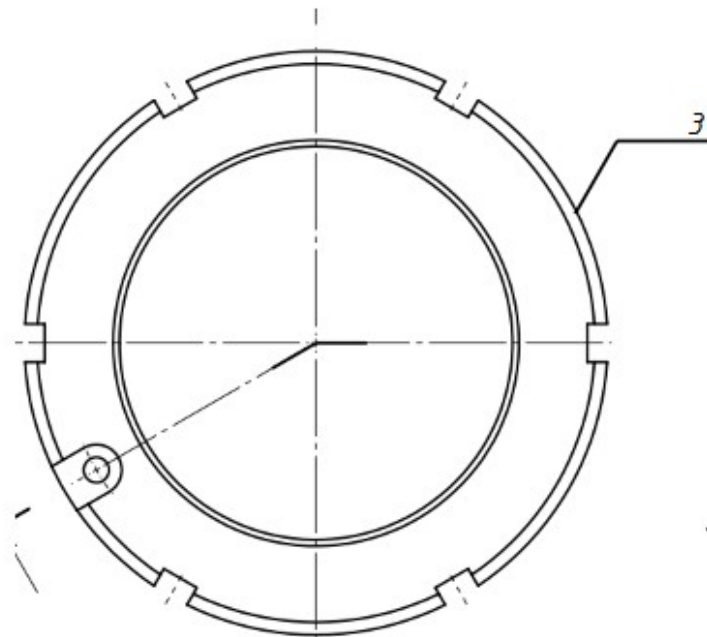


Рис 1.4-А-Схема базування на операцію 020

					MP.ПМКМ-05.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		11

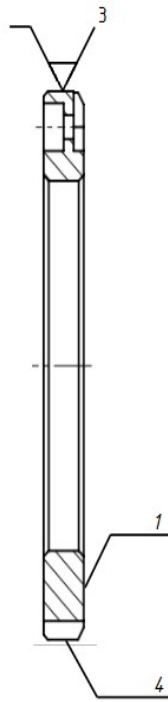


Рис 1.4-Б-Схема базування на операцію 020

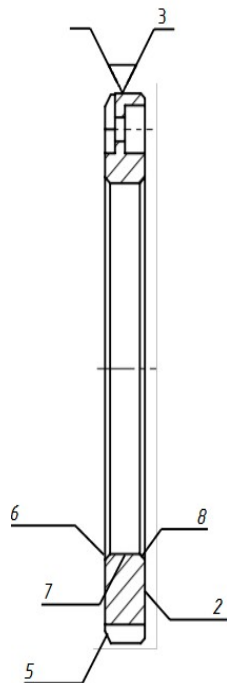


Рис 1.5-Схема базування на операцію 030

					МР.ПМКМ-05.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		12

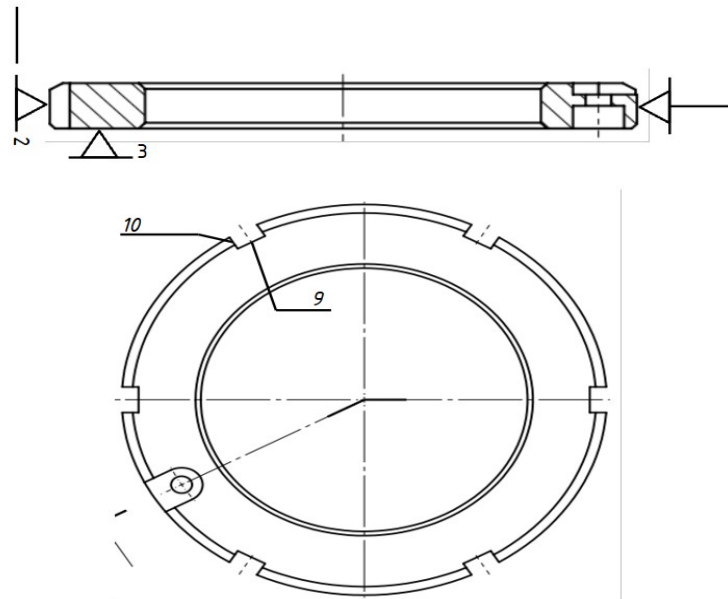


Рис 1.6-Схема базування на операцію 040

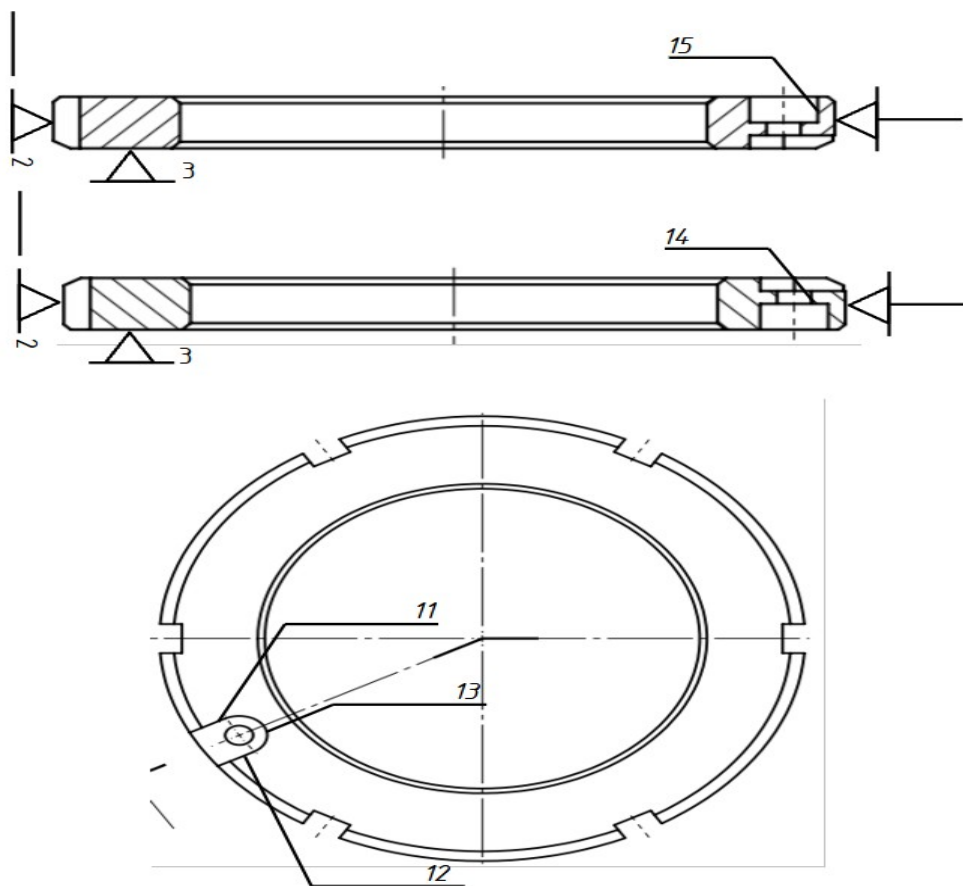


Рис 1.7-Схема базування на операцію 050

Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

МР.ПМКМ-05.00.00.000 ПЗ

Створення 3D моделі деталі « Гайка 00-00.06.10.10.00»

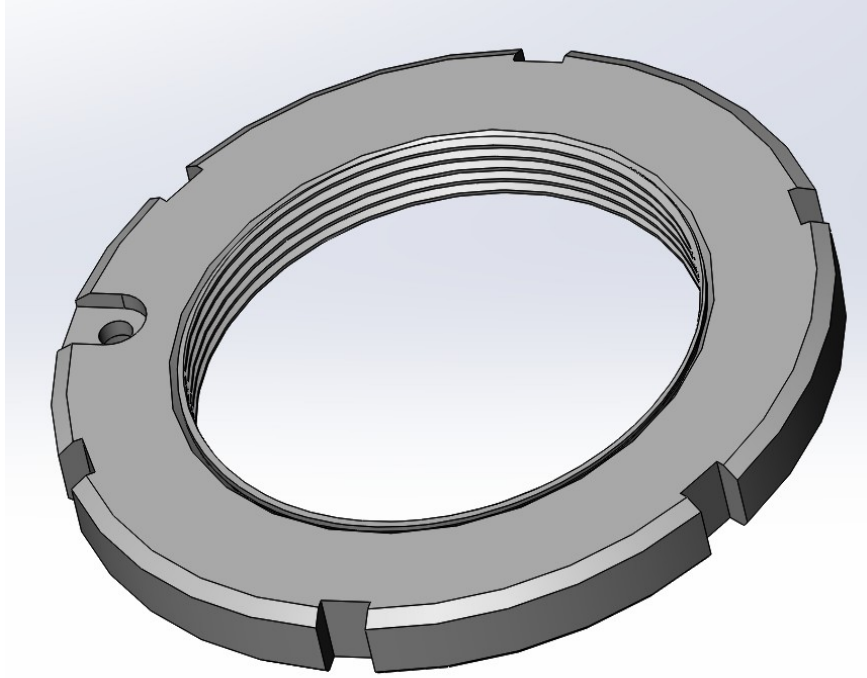


Рис. 1.8 — 3D Модель деталі «Гайка»

					MP.ПМКМ-05.00.00.000 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

2. Пристрій фрезерний

Для закріплення деталі на операції 030 на верстаті з ЧПК Gildemeister NEF 400-ID пропонуємо використати 3- кулачковий патрон фірми Roehm KFD-HS 200 KK SV

3-кулачковий патрон Roehm KFD-HS 200 KK SV використовується на токарних верстатах і обробних центрах для високоточних і надійних операцій затиску деталей.

Цей патрон є силовим і оснащений механічно-гідравлічною системою затиску, що забезпечує рівномірний розподіл зусилля та високу точність обробки. Конструкція дозволяє здійснювати швидке та безпечне затискання заготовок, а також мінімізує биття під час роботи на високих оборотах.

3D модель зображена на рис 4.1, а 2D креслення- на рис 4.2.

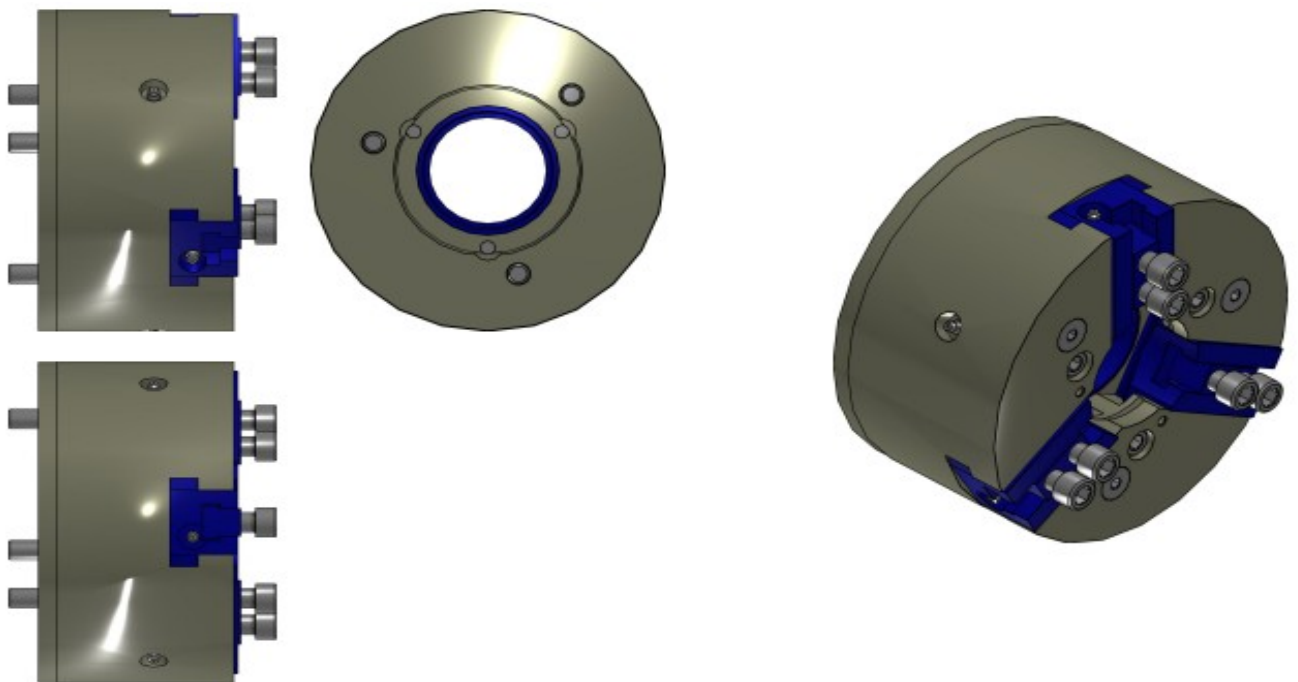


Рис. 2.1. 3D модель 3-кулачкового патрону Roehm KFD-HS 200 KK SV

3-кулачкові патрони фірми Roehm виготовляються в кількох типорозмірах. Система затиску механічно-гідравлічна з передавачем потужності, з ручним керуванням.

Розміри обраної моделі вказані в таблиці 4.1

					MP.ПМКм-05.00.00.000 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

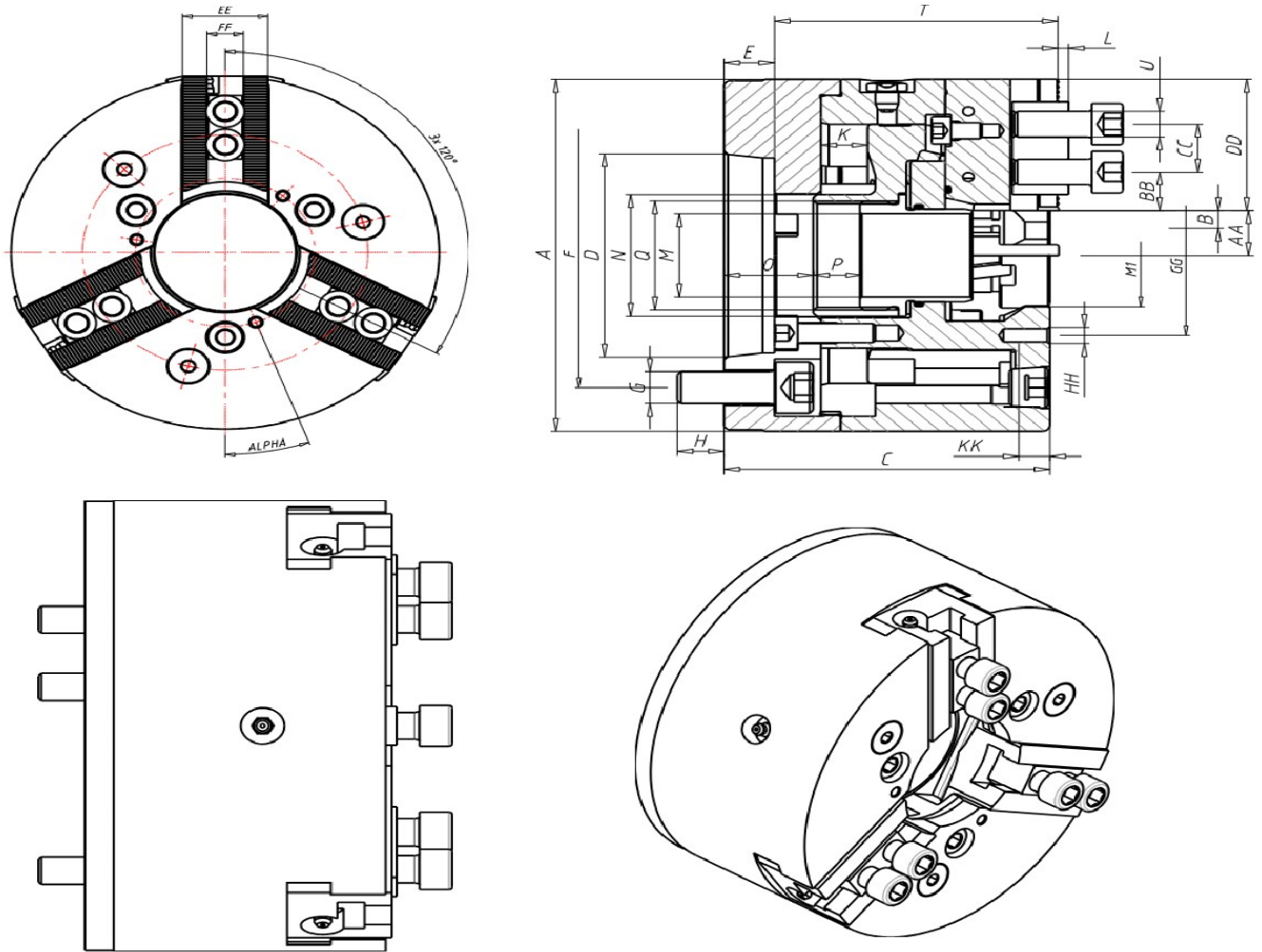


Рис. 2.2. 2D креслення 3-кулачкового патрону Roehm KFD-HS 200 KK SV

Фізичні характеристики:

Тип патрона: силовий, 3-кулачковий

Механізм передачі зусилля: система клинового гака

Максимальна сила затиску: до 50 кН

Максимальна швидкість обертання: до 4500 об/хв

Кріплення: циліндричне центральне кріплення

Система змащування: пряма змазка напрямних кулачків

Особливості конструкції: починаючи з розміру 200, оснащується роликком для обмеження переміщення кулачків

Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

MP.ПМКМ-05.00.00.000 ПЗ

Арк.

16

Табл 2.1 Технічні характеристики та розміри лещат RBAW 748-10

GR (Grösse)	200
IDNR (Bestell-Nr.)	142479
ROEHMKB (ROEHM-KB)	KFD-HS 200 KK SV
BACKEN (Anzahl der Backen)	3
FAU (Futteraufnahme)	KK
BAN (Backenanschluss)	SV
DMAX (Flugkreis der Aufsatzbacken / mm)	250
FBET (max. Betätigungskraft / kN)	48
FGES (max. Gesamtspannkraft / kN)	110
NMAX (max. zulässige Drehzahl / min-1)	6500
JX (Massenträgheitsmoment / kgm ²)	0.10
MASSE (Gewicht ohne Aufsatzbacken / kg)	20
HUBST (Stroke / mm)	3.0
BA (Bedienungsanleitung)	Bedienungsanleitung
A (Outer diameter / mm)	200
B (Backenhub / mm)	5.0
C (/ mm)	110
D (Aufnahme)	KK6
E (/ mm)	16
F (/ mm)	133.4
G (/ mm)	3xM12
H (/ mm)	17
K (Kolbenhub / mm)	18.5
L (/ mm)	2.5
MMAX (/ mm)	66
M1 (/ mm)	66
N (/ mm)	80
OMIN (/ mm)	16,5
OMAX (/ mm)	35
P (/ mm)	15
Q (Kolbenanschlussgewinde)	M74x1.5
T (/ mm)	112
U (/ mm)	M12
WMIN (/ mm)	0
AAMIN (Backenposition / mm)	35.0
AAMAX (Backenposition / mm)	40.0

2.2 Розрахунок сили затиску

Вихідні дані:

Деталь: Гайка 00-00.06.10.10.00.

Матеріал деталі: Сталь 45 (ДСТУ 2651:2005), твердість HB = 220.

Інструмент:

Різець токарний прохідний DDNNN 2525M1504 з пластиною DNMG 150404, марка сплаву PH4330.

Знаходимо швидкість різання:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v$$

Де:

$C_v=600$, $K_v=K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} = 0.921 \cdot 0.75 \cdot 0.8 = 0.552$,

$T=25$ хв (стійкість інструменту),

Експоненти: $m=0.2$, $x=0.15$, $y=0.2$, $u=0.3$, $p=0.3$, $q=0.7$.

Підставляємо:

$$v = \frac{600 \cdot 1.0}{25^{0.2} \cdot 2^{0.15} \cdot 0.2^{0.2} \cdot 220^{0.2}} \approx 133.27 \text{ м/хв}$$

Частота обертання:

$$n = \frac{1000 \cdot 133.27}{3.14 \cdot 30} \approx 1414 \text{ об/хв}$$

Коригуємо до паспортних даних верстата Gildemeister NEF: $n=1500$ об/хв.

					MP.ПМКМ-05.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		18

Сила різання Pz:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot B^u}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{тр}$$

Де:

$$C_p = 25, x = 0.8, y = 0.6, u = 1.0, q = 0.8, w = 0$$

$$K_{тр} = \left(\frac{190}{HB} \right)^{0.55} = \left(\frac{190}{220} \right)^{0.55} \approx 0.923$$

Підставляємо:

$$P_z = \frac{10 \cdot 25 \cdot 1.5^{0.8} \cdot 0.2^{0.6} \cdot 160^1}{40^{0.8} \cdot 1} \cdot 0.923 \approx 1016 \text{ Н}$$

Крутний момент Mp:

$$M_p = P_z \cdot R$$

Де:

$$P_z = 1016 \text{ Н}$$

$$R = \frac{D}{2}$$

$$R = \frac{D}{2} = \frac{30}{2} = 15 \text{ мм} = 0.015 \text{ м}$$

Коефіцієнт запасу k:

$$k = 1.2 \cdot 1.0 \cdot 1.5 \cdot 1.1 \cdot 1.0 \cdot 1.2 \cdot 1.0 = 2.38$$

Приймаємо k=2.5.

					MP.ПМКМ-05.00.00.000 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Розрахунок сили затиску W :

Рівняння рівноваги для 3-кулачкового патрона KFD-HS 200 KK SV

Приймаємо, що крутний момент, який може передатися без провертання,

дорівнює сумі моментів від 3 кулачків:

$$R = \frac{D}{2} = 15 \text{ мм} = 0.015 \text{ м}$$

$$W = \frac{k \cdot M_p}{z \cdot f \cdot R}$$

Підставляємо:

$$W = \frac{2.5 \cdot 15.24}{3 \cdot 0.16 \cdot 0.015} = \frac{38.1}{0.0072} \approx 5292 \text{ Н}$$

					MP.ПМКМ-05.00.00.000 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

3. Вибір засобів технологічного оснащення

3.1 Опис верстатів

Верстат Вертикально-Фрезерний HAAS VM-3

VM-3 – це високопродуктивні VMC, які забезпечують точність, жорсткість і термічну стабільність, необхідні для виготовлення прес-форм, роботи з інструментами та штампами та в інших галузях високоточної промисловості. Кожна машина оснащена великим робочим кубом, столом із декількома кріпленнями та вбудованим шпинделем із прямим приводом на 12 000 об/хв. Стандартні функції включають високошвидкісне керування Haas із повним оглядом вперед, пристрій зміни інструменту з боковим кріпленням, програмовану форсунку охолоджуючої рідини, автоматичний пневматичний пістолет та багато іншого.

Технічні характеристики вертикально фрезерного верстата HAAS VM-3

Робочий стіл:

Поверхня столу X x Y 1016x660 мм

Розмір T-образної канавки 16 мм x 3

Максимальна вага на столі 1814 кг

Відстань між канавками 111 мм

Відстань від столу до торця шпинделя 107-742 мм

Конус шпинделя BT40

Швидкість обертання шпинделя 12000 об/хв

Тип приводу Inline Direct-Drive

Мотор шпинделя 22,4 кВт (максимальна потужність)

Макс. крутний момент при 2000 об/хв 1200 Нм

Прискорені переміщення по осях X, Y 18 м/хв

Швидка подача Z 18 м/хв

Максимальна швидкість різання 12.7 м/хв

Пристрій зміни інструменту:

Кількість інструменту 30 + 1

					MP.ПМКМ-05.00.00.000 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Метод підбору інструменту Випадковим чином

Максимальний діаметр інструмента 64 мм

Максимальна довжина інструмента 330мм

Максимальна вага інструменту 5,4 кг

Час від стружки до стружки (середнє) 3,6 сек



Рисунок 3.1 – вертикально фрезерного верстата HAAS VM-3

					MP.ПМКМ-05.00.00.000 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Токарний верстат Gildemeister NEF 400-ID

Gildemeister NEF 400 – це високопродуктивний токарний верстат, який забезпечує точність, жорсткість і термічну стабільність, необхідні для обробки деталей у різних галузях високоточної промисловості. Кожен верстат оснащений міцною станиною, точними лінійними напрямними та високошвидкісним шпинделем із частотою обертів до 4000 об/хв. Стандартні функції включають сучасну систему ЧПК від DMG, револьверну головку з автоматичною зміною інструменту, програмовану систему охолодження, інтегровану систему відведення стружки та багато іншого.

Технічні характеристики токарного верстата Gildemeister NEF 400-ID

Діаметр точіння: 400 мм

Довжина точіння: 650 мм

Отвір шпинделя: 65 мм

Запланована траєкторія (X): 220 мм

Запланована траєкторія (Z): 700 мм

Макс. швидкість 4000 об/хв

8-позиційний револьвер

Гідравлічний кулачковий патрон SMW Autoblock 0 210 мм

Педальний перемикач для затисного патрона

Пристрій охолоджувальної рідини

Бак для стружки

Діаметр обробки деталі: 400мм

Довжина обробки діапазон: 500-699мм

Діаметр обробки діапазон: 400-499мм

Довжина обробки: 650мм

					MP.ПМКм-05.00.00.000 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		



Рисунок 3.2 – токарний верстат Gildemeister NEF 400-ID

					MP.ПМКМ-05.00.00.000 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Верстат горизонтально-фрезерний HAAS EC-400

EC-400 – розроблений для виробництва великих обсягів і роботи без нагляду, є швидшим, компактнішим, жорсткішим і потужнішим, ніж будь-коли раніше. Він має більшу робочу зону, швидші пороги, повну систему обертання 4-ї осі для синхронного руху та набагато краще управління стружкою. Для розширеного виробництва та справжньої можливості «гасіння світла» доступні 6-позиційний пул піддонів і пристрій для зміни інструментів великої місткості. ПРИМІТКА. Для використання Pallet Pool необхідний додатковий пристрій для зміни інструментів 50+1 або 100+1 з боковим кріпленням.

Технічні характеристики вертикально фрезерного верстата HAAS EC-400

Робочий стіл:

Поверхня столу X x Y 559x635 мм

Максимальна вага на столі 400 кг

Конус шпинделя BT40

Швидкість обертання шпинделя 8100 об/хв

Тип приводу Inline Direct-Drive

Мотор шпинделя 22,4 кВт (максимальна потужність)

Макс. крутний момент при 2000 об/хв 1200 Нм

Прискорені переміщення по осях X, Y 35,6 м/хв

Швидка подача Z 35,6 м/хв

Максимальна швидкість різання 21,2 м/хв

Кількість інструменту 30 + 1

Максимальний діаметр інструмента 64 мм

Максимальна довжина інструмента 305мм

Максимальна вага інструменту 5,4 кг

Час від стружки до стружки (середнє) 3,6 сек

					MP.ПМКМ-05.00.00.000 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		



Рисунок 3.3 – горизонтально-фрезерний HAAS EC-400

3.2 Вибір різального інструменту

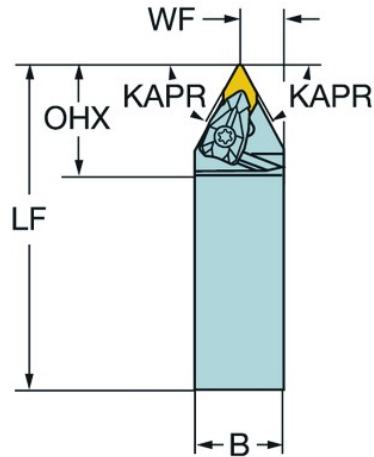
Сучасний різальний інструмент вибираємо фірми Sandvik Coromant

Для вибору різального інструменту можна перейти на сайт фірми Sandvik Coromant за посиланням: (<https://www.sandvik.coromant.com>.)

Вибираємо наступний різальний інструмент який буде використовуватися для імітації обробки деталі :

					MP.ПМКМ-05.00.00.000 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

3.2.1. Різець DDNNN 2525M 1504



Технічні характеристики

Кут ріжучої кромки інструменту (KAPR_1)	62,5 °
Кут ріжучої кромки інструменту (KAPR_2)	62,5 °
Кут випередження (PSIR)	27,5 °
Код типу затиску (MTP)	затискач на верхній частині вставки та в отвір
Тип вставки (CUTINT_MASTER)	DNMG 150408
Підключення на стороні машини (ADINTMS)	Прямокутний хвостовик - метрика: 25 x 25
Максимальний кут нахилу (RMPX)	57 °
Кут сторони заготовки (BAWS)	0 °
Кут сторони машини (BAMS)	0 °
Максимальний звис (OHX)	40,8 мм
Рука (HAND)	Нейтральний
Стиль виходу охолоджуючої рідини (CXSC)	немає виходу теплоносія
Стиль входу охолоджуючої рідини (CNSC)	без входу теплоносія
Ширина хвостовика (B)	25 мм
Висота хвостовика (H)	25 мм
Функціональна довжина (LF)	150 мм
Функціональна ширина (WF)	13 мм
Функціональна висота (HF)	25 мм
Ортогональний передній кут (GAMO)	-5 °

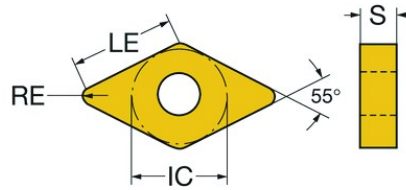
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

MP.ПМКМ-05.00.00.000 ПЗ

Арк.

27

3.2.2. Вставка для точіння DNMG 15 04 16-PR 4425



Технічні характеристики

Матеріал(и) заготовки (TMC1/ISO)	П К
Стружколом (CBMD)	PR
Тип операції (СТРТ) інформація	чорнова обробка
Вставте код типу монтажу (IFS)	Циліндричний кріпильний отвір
Діаметр кріпильного отвору (D1)	5,156 мм
Вставте розмір і форму (CUTINT_SIZESHAPE)	DN1504
Передовий підрахунок (CEDC)	4
Діаметр вписаного кола (IC)	12,7 мм
Вставте код форми (SC)	Ромбічний 55
Ефективна довжина ріжучої кромки (LE)	13.9038 мм
Радіус кута (RE)	1,5875 мм
Рука (HAND)	Нейтральний
Оцінка (GRADE)	4425
Підкладка (SUBSTRATE)	HC
Покриття (COATING)	CVD TiCN+Al2O3+TiN
Товщина вставки (S)	4,7625 мм
Великий зазорний кут (AN)	0°
Вага предмета (WT)	0,0097 кг
Вставити сидіння (SSC_M)	15

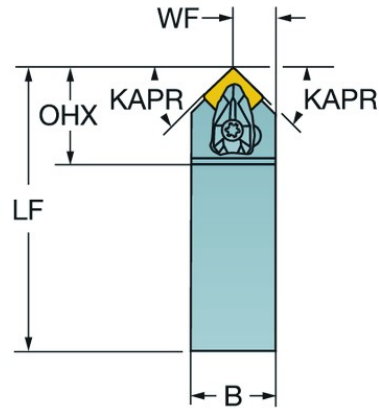
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

MP.ПМКМ-05.00.00.000 ПЗ

Арк.

28

3.2.3. Різець DSDNN 2020K 12



Технічні характеристики

Кут ріжучої кромки інструменту (KAPR_1)	45 °
Кут ріжучої кромки інструменту (KAPR_2)	45 °
Кут випередження (PSIR)	45 ° Q
Код типу затиску (MTP)	затискач на верхній частині вставки та в отвір
Тип вставки (CUTINT_MASTER)	СНМГ 120408
Підключення на стороні машини (ADINTMS)	Прямокутний хвостовик - метрика: 20 x 20
Максимальний кут нахилу (RMPX)	40 °
Кут сторони заготовки (BAWS)	0 °
Кут сторони машини (BAMS)	0 °
Максимальний звис (OHX)	36,5 мм
Рука (HAND)	Нейтральний
Стиль виходу охолоджуючої рідини (CXSC)	немає виходу теплоносія
Стиль входу охолоджуючої рідини (CNSC)	без входу теплоносія
Ширина хвостовика (B)	20 мм
Висота хвостовика (H)	20 мм
Функціональна довжина (LF)	125 мм
Функціональна ширина (WF)	10,3 мм
Функціональна висота (HF)	20 мм
Ортогональний передній кут (GAMO)	-6 °

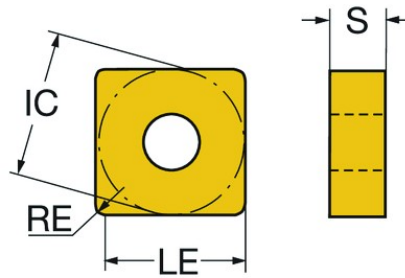
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

MP.ПМКМ-05.00.00.000 ПЗ

Арк.

29

3.2.4. Вставка для точіння SNMG 12 04 16-PR 4425

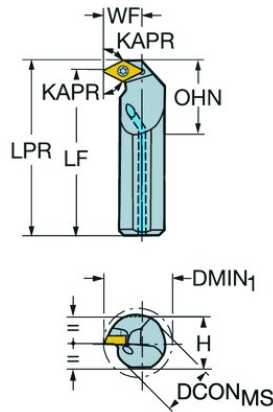


Технічні характеристики

Матеріал(и) заготовки (TMC1ISO)	П К
Стружколом (CBMD)	PR
Тип операції (CTPT)	чорнова обробка
Вставте код типу монтажу (IFS) інформація	Циліндричний кріпильний отвір
Діаметр кріпильного отвору (D1)	5,156 мм
Вставте розмір і форму (CUTINT_SIZESHAPE)	SN1204
Передовий підрахунок (CEDC)	8
Діаметр вписаного кола (IC)	12,7 мм
Вставте код форми (SC)	Квадратний
Ефективна довжина ріжучої кромки (LE)	11,1 мм
Радіус кута (RE)	1,5875 мм
Рука (HAND)	Нейтральний
Оцінка (GRADE)	4425
Підкладка (SUBSTRATE)	HC
Покриття (COATING)	CVD TiCN+Al2O3+TiN
Товщина вставки (S)	4,7625 мм
Великий зазоровий кут (AN)	0°
Вага предмета (WT)	0,0082 кг
Вставити сидіння (SSC_M)	12

					MP.ПМКМ-05.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		30

3.2.5. Різець A20S-SDXCR 11



Технічні характеристики

Кут ріжучої кромки інструменту (KAPR_1)	62,5 °
Кут ріжучої кромки інструменту (KAPR_2)	62,5 °
Кут випередження (PSIR)	27,5 °
Код типу затиску (MTP)	затискач з гвинтовим отвором
Тип вставки (CUTINT_MASTER)	DCMT 11T308
Підключення на стороні машини (ADINTMS)	Циліндричний хвостовик з 3 плоскими метричними розмірами: 20
Максимальний кут нахилу (RMPX)	60 °
Мінімальний діаметр отвору (DMIN_1)	25 мм
Кут сторони заготовки (BAWS)	0 °
Кут сторони машини (BAMS)	0 °
Мінімальний звис (OHN)	30 мм
Максимальний звис (OHX)	80 мм
Рука (HAND)	правильно
Стиль виходу охолоджуючої рідини (CXSC)	осьовий похилий вихід
Стиль входу охолоджуючої рідини (CNSC)	осьовий концентричний вхід
Тиск охолоджуючої рідини (CP)	40 бар
Діаметр підключення на стороні машини (DCONMS)	20 мм
Висота хвостовика (H)	18 мм
Виступаюча довжина (LPR)	256,8 мм

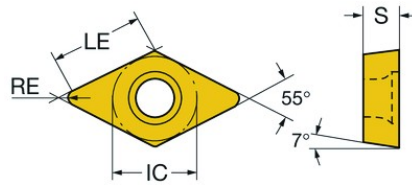
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

MP.ПМКМ-05.00.00.000 ПЗ

Арк.

31

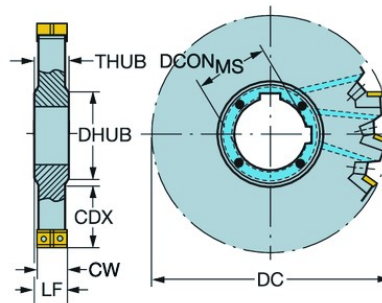
3.2.6. Вставка для точіння DCMT 11 T3 12-PR 4425



Технічні характеристики

Матеріал(и) заготовки (TMC1ISO)	П К
Стружолом (CBMD)	PR
Тип операції (CTPT)	чорнова обробка
Вставте код типу монтажу (IFS)	Частково циліндрична, зенкерування 40-60 градусів з одного або двох сторін
Діаметр кріпильного отвору (D1) інформація	4,4 мм
Вставте розмір і форму (CUTINT_SIZESHAPE)	DC11T3
Передовий підрахунок (CEDC)	2
Діаметр вписаного кола (IC)	9,525 мм
Вставте код форми (SC)	Ромбічний 55
Ефективна довжина ріжучої кромки (LE)	10.4279 мм
Радіус кута (RE)	1,1906 мм
Ширина торця (BN)	0,16 мм
Кут нахилу (GB)	0°
Рука (HAND)	Нейтральний
Оцінка (GRADE)	4425
Підкладка (SUBSTRATE)	HC
Покриття (COATING)	CVD TiCN+Al2O3+TiN
Товщина вставки (S)	3,9688 мм
Великий зазорний кут (AN)	7°

3.2.7. Фреза дискова N331.32C-100S32FM



Технічні характеристики

Ширина різання (CW)	12 мм
Мінімальна ширина різання (CWN)	12 мм
Максимальна ширина різання (CWX)	15 мм
Ширина попередньо обробленого шліца (PSW)	0 мм
Діаметр різання (DC)	100 мм
Максимальна глибина різання (CDX)	25,5 мм
Код типу затиску (MTP)	затискач з гвинтовим отвором
Тип вставки (CUTINT_MASTER)	CoroMill 331 - розмір 08 (N/R331.1A-08RE0.20-1.54)
Периферійна ефективна кількість ріжучих кромки (ZEFP)	4
Підключення на стороні машини (ADINTMS)	Arbor -ISO 240 -1 ключ приводу -метрика: 32
Рука (HAND)	Нейтральний
Стиль входу охолоджуючої рідини (CNSC)	осьовий концентричний вхід
Тиск охолоджуючої рідини (CP)	80 бар
Діаметр підключення на стороні машини (DCONMS)	32 мм
Діаметр втулки (DHUB)	47 мм
Товщина втулки (THUB)	16 мм
Кількість дисків (DRVCT)	1
Функціональна довжина (LF)	14 мм
Мінімальна функціональна довжина (LFN)	14 мм

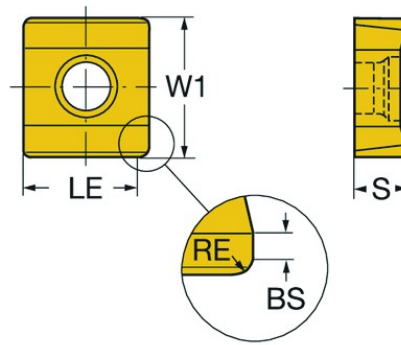
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

MP.ПМКМ-05.00.00.000 ПЗ

Арк.

33

3.2.8. Вставка для точіння N331.1A-08 45 08M-PM4330

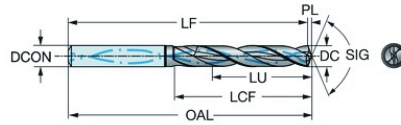


Технічні характеристики

Матеріал(и) заготовки (TMC1ISO)	П
Стружколом (CBMD)	PM
Тип операції (CTPT)	попередня обробка з вимогою до поверхні
Вставте код типу монтажу (IFS)	Частково циліндрична, зенкерування 40-60 градусів з одного або двох сторін
Діаметр кріпильного отвору (D1)	3,6 мм
Вставте розмір і форму (CUTINT_SIZESHAPE)	CoroMill 331 -08
Передовий підрахунок (CEDC)	4 Q
Ширина вставки (W1)	9,5 мм
Вставте код форми (SC)	Прямокутний
Ефективна довжина ріжучої кромки (LE)	7,7 мм
Максимальна глибина пропилю (APMX)	7,7 мм
Довжина краю склоочисника (BS)	1,2 мм
Радіус кута (RE)	0,8 мм
Головний кут ріжучої кромки (KRINS)	90 °
Рука (HAND)	Нейтральний
Оцінка (GRADE)	4330
Підкладка (SUBSTRATE)	HC
Покриття (COATING)	CVD TiCN+Al2O3+TiN
Товщина вставки (S)	4,45 мм

					MP.PMKM-05.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		34

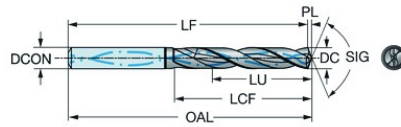
3.2.9. Свердло 860.1-1000-031A1-PM P1BM



Технічні характеристики

Матеріал(и) заготовки (TMC1ISO)	П
Діаметр різання (DC)	10 мм
Діаметр підключення на стороні машини (DCONMS)	10 мм
Корисна довжина (LU)	31 мм
Досяжний допуск на отвір (TCHA)	H8
Коефіцієнт корисного діаметра довжини (ULDR)	3.1 Q
Ортогональний передній кут (GAMO)	20,45 °
Підрахунок ефективних різальних країв (ZEFF)	2
Підключення на стороні машини (ADINTMS)	Циліндричний хвостовик (DIN6535-NA) - метрика: 10
Допуск на діаметр з'єднання (TCDCON)	h6
Оцінка (GRADE)	P1BM
Підкладка (SUBSTRATE)	HC
Покриття (COATING)	PVD TiAlSiN+TiSiN
Стандартна група хвостовика (BSG)	DIN 6537 K
Стружколом (CBMD)	PM
Стиль входу охолоджуючої рідини (CNCS)	осьовий концентричний запис на колі
Кут точки (SIG)	147 °
Довжина точки (PL)	1,4811 мм
Загальна довжина (OAL)	89 мм

3.2.10. Свердло 860.1-2000-055A1-PM P1BM



Технічні характеристики

Матеріал(и) заготовки (TMC1ISO)	П
Діаметр різання (DC)	20 мм
Діаметр підключення на стороні машини (DCONMS)	20 мм
Корисна довжина (LU) інформація	55 мм
Досяжний допуск на отвір (TCHA)	H8
Коефіцієнт корисного діаметра довжини (ULDR)	2.75
Ортогональний передній кут (GAMO)	20,58 °
Підрахунок ефективних різальних країв (ZEFF)	2
Підключення на стороні машини (ADINTMS)	Циліндричний хвостовик (DIN6535-NA) - метрика: 20
Допуск на діаметр з'єднання (TCDCON)	h6
Оцінка (GRADE)	P1BM
Підкладка (SUBSTRATE)	HC
Покриття (COATING)	PVD TiAlSiN+TiSiN
Стандартна група хвостовика (BSG)	DIN 6537 K
Стружколом (CBMD)	PM
Стиль входу охолоджуючої рідини (CNCS)	осьовий концентричний запис на колі
Кут точки (SIG)	147 °
Довжина точки (PL)	2,9621 мм
Загальна довжина (OAL)	131 мм

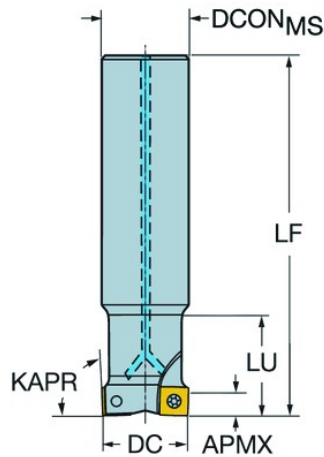
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

MP.ПМКМ-05.00.00.000 ПЗ

Арк.

36

3.2.11. Фреза 490-020A16-08L



Технічні характеристики

Кут ріжучої кромки інструменту (KAPR)	90 °
Діаметр різання (DC)	20 мм
Кількість елементів для різання (CICT_1) інформація	2
Код типу затиску (MTP)	затискач з гвинтовим отвором
Частина 2 ідентифікаторів інтерфейсу нарізних елементів (CUTINT_MASTER_1)	CoroMill 490 - розмір 08 (490R-08T308..)
Максимальна глибина пропилу (APMX)	5,5 мм
Максимальний коефіцієнт робочого зачеплення (AERMX)	1
Максимальний кут нахилу (RMPX)	0 °
Максимальна глибина занурення (AZ)	0 мм
Периферійна ефективна кількість ріжучих кромок (ZEFP)	2
Підключення на стороні машини (ADINTMS)	Циліндричний хвостовик без затискних елементів (без фланця) - метрика: 16,00
Рука (HAND)	правильно
Стиль входу охолоджуючої рідини (CNCS)	осьовий концентричний вхід
Тиск охолоджуючої рідини (CP)	10 бар
Діаметр підключення на стороні машини (DCONMS)	16 мм
Функціональна довжина (LF)	100 мм
Радіальний передній кут (GAMF)	19,9 °
Осьовий передній кут (GAMP)	15 °
Крутний момент (TQ)	1,2 Нм

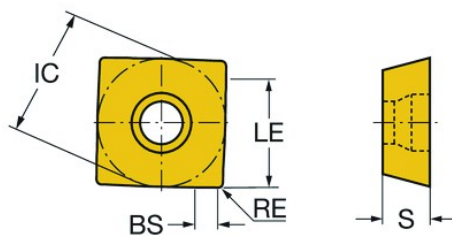
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

MP.ПМКМ-05.00.00.000 ПЗ

Арк.

37

3.2.12. Вставка для точіння 490R-08T316M-PH 1230



Технічні характеристики

Матеріал(и) заготовки (TMC1ISO)	П М С
Стружколом (CBMD)	PH
Тип операції (СТРТ) інформація	важкий
Вставте код типу монтажу (IFS)	Частково циліндрична, зенкерування 40-60 градусів з одного або двох сторін
Діаметр кріпильного отвору (D1)	2,8 мм
Вставте розмір і форму (CUTINT_SIZESHAPE)	CoroMill 490 -08T3
Передовий підрахунок (CEDC)	4
Діаметр вписаного кола (IC)	8,5 мм
Вставте код форми (SC)	Квадратний
Ефективна довжина ріжучої кромки (LE)	5,6 мм
Максимальна глибина пропили (APMX)	5,5 мм
Довжина краю склоочисника (BS)	0,6 мм
Радіус кута (RE)	1,6 мм
Головний кут ріжучої кромки (KRINS)	90 °
Ширина торця (BN)	0,23 мм
Кут нахилу (GB)	2 °
Передній кут вставки (GAN)	22 °
Рука (HAND)	правильно
Оцінка (GRADE)	1230

Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

MP.ПМКМ-05.00.00.000 ПЗ

Арк.

38

4. Моделювання деталі «Гайка»

4.1 Формування кошика інструментів необхідних для обробки поверхонь деталі

Різець DSDNN 2020K 12, Вставка для точіння SNMG 12 04 16-PR 4425, Різець DDNNN 2525M 1504, Вставка для точіння DNMG 15 04 16-PR 4425, Різець A20S-SDXCR 11, Вставка для точіння DCMT 11 T3 12-PR 4425, Фреза дискова N331.32C-100S32FM, Вставка для точіння N331.1A-08 45 08M-PM4330, Свердло 860.1-1000-031A1-PM P1BM, Свердло 860.1-2000-055A1-PM P1BM, Фреза 490-020A16-08L, Вставка для точіння 490R-08T316M-PH 1230

4.2 Створення керуючої програми обробки на операцію 020.

Створення заготовки на обробку деталі «Гайка» на операцію 020 в середовищі

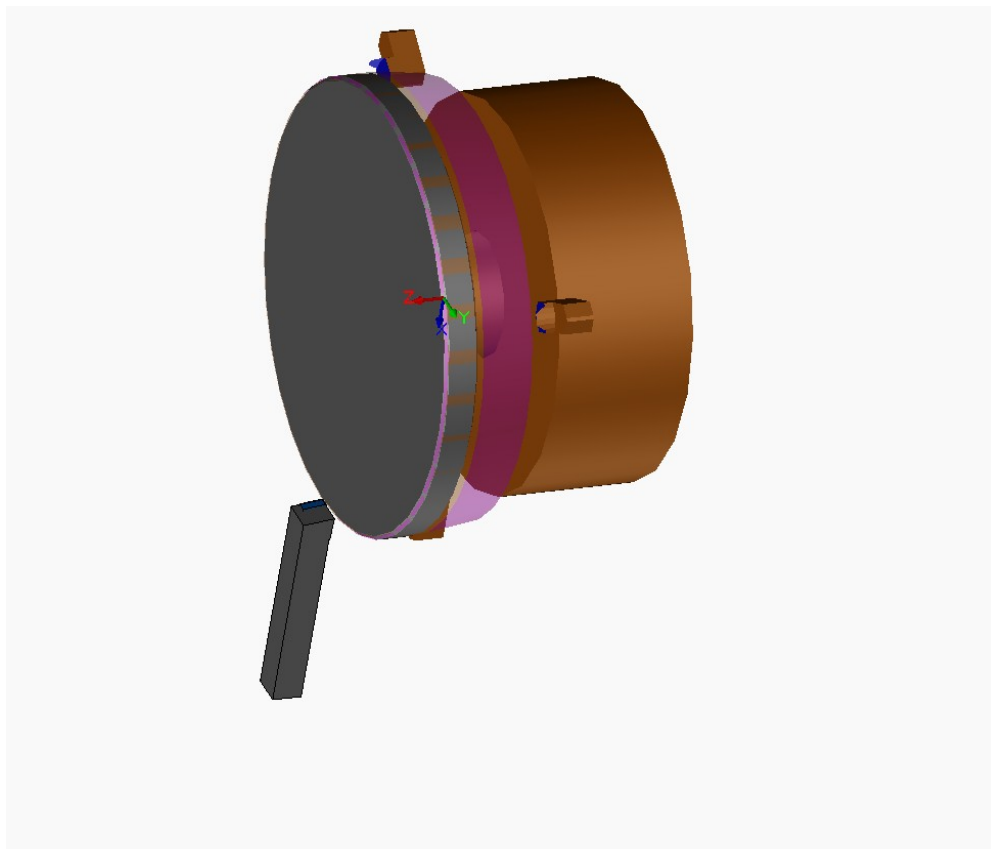


Рис. 4.1 Заготовка на операцію 020

					MP.ПМКМ-05.00.00.000 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Імітація обробки проходить без помилок. Створюємо керуючу програму обробки операції 020 .

Керуюча програма обробки операції 010, наведена нижче:

O0001

N1 (CNMG 431 80DEG SQR HOLDER)

N2 T0101

N3 B90.

N4 G00 G96 S548 M03

N5 (Turn Rough1)

N6 G54 G00 Z23.462 M08

N7 X236.788

N8 G99 G01 X230.788 Z20.462 F.409

N9 X230. Z20.154

N10 X225.153 Z.414

N11 Z-.4

N12 X225.86 Z-.754

N13 X226.76

N14 G00 X231.86

N15 Z.414

N16 X226.159

N17 G01 X225.153

N18 X224.953 Z-.4

N19 X225.66 Z-.754

N20 G00 X233.

N21 Z50.666

N22 X226.614

N23 G01 Z50.166

N24 X229.766 Z48.59

N25 X230.766

					MP.ПМКМ-05.00.00.000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

N26 G00 X234.68

N27 Z29.04

N28 X230.88

N29 G01 X230.092 Z28.732

N30 X222.926 Z-.449

N31 X223.541 Z-.843

N32 G00 X235.2

N33 X508. Z127. M09

N34 M01

N35 (DNMG 431 80DEG SQR HOLDER)

N36 T0303

N37 B90.

N38 G00 G96 S548 M03

N39 (Turn Finish1)

N40 G54 G00 Z53.383 M08

N41 X231.766

N42 G01 X225.766 Z50.383 F.409

N43 Z49.883

N44 X229.766 Z47.883

N45 X230.766

N46 G00 X236.865

N47 Z32.489

N48 X230.865

N49 G01 X229.925 Z32.318

N50 X199.254 Z-.569

N51 X199.596 Z-1.039

N52 G00 X235.925

N53 X508. Z127. M09

					MP.ПМКМ-05.00.00.000 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

4.3 Створення керуючої програми обробки на операцію 030.

Створення заготовки на обробку деталі «Гайка» на операцію 030 в середовищі

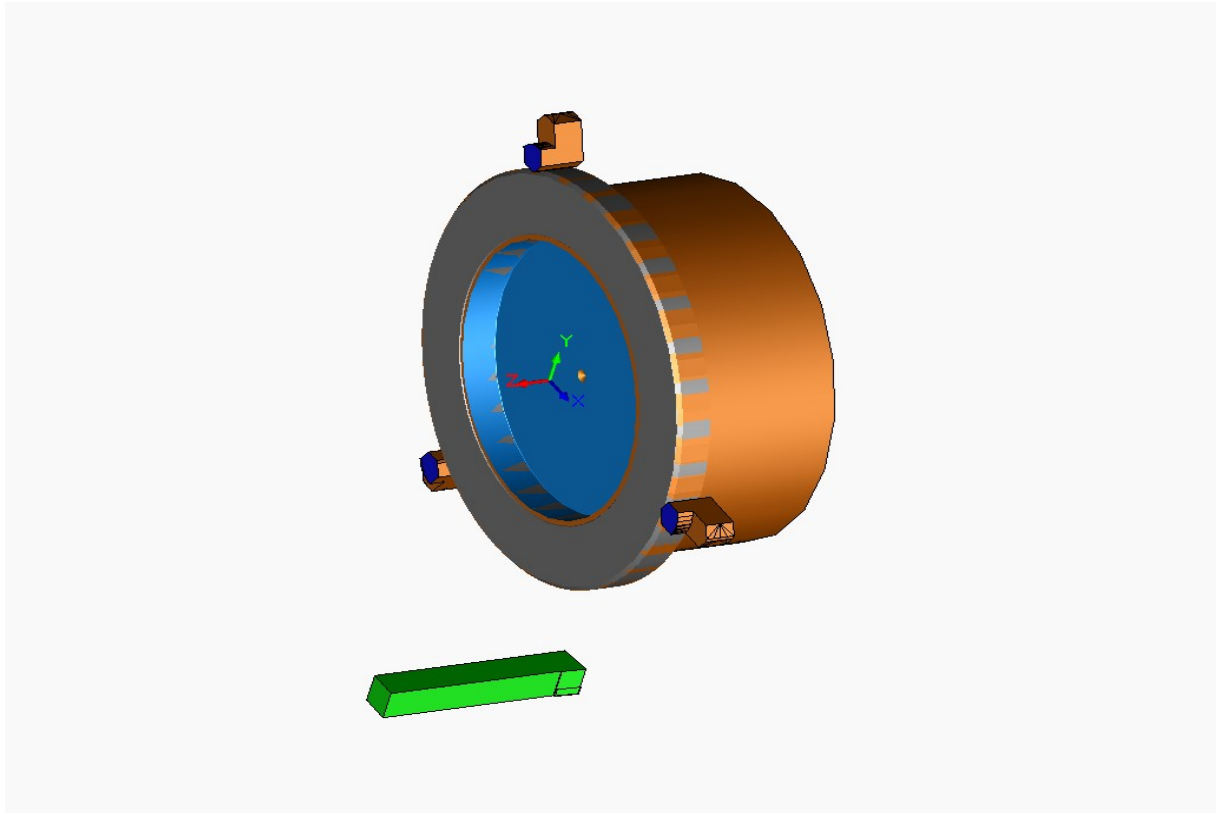


Рис 4.2 Заготовка на операцію 030

Імітація обробки проходить без помилок. Створюємо керуючу програму обробки операції 030.

Керуюча програма обробки операції 030, наведена нижче:

O0001

N1 (6MM X 60DEG HSS CENTERDRILL)

N2 T0505

N3 B0

N4 G00 G97 S26426 M03

N5 (Center Drill1)

N6 G54 G00 Z3. M08

N7 X0

					MP.ПМКМ-05.00.00.000 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

N8 G74 Z-2. F1611.

N9 X508. M09

N10 Z127.

N11 M01

N12 (49.0mm JOBBER DRILL)

N13 T0707

N14 B0

N15 G00 G97 S2082 M03

N16 (Drill1)

N17 G54 G00 Z5.369 M08

N18 X0

N19 G97 S2082

N20 Z2.369

N21 G98 G01 Z-5.631 F343.9

N22 G00 Z2.369

N23 Z-2.631

N24 G01 Z-10.631

N25 G00 Z2.369

N26 Z-7.631

N27 G01 Z-15.631

N28 G00 Z2.369

N29 Z-12.631

N30 G01 Z-20.

N31 G00 Z2.369

N32 G97 S2082

N33 X508. Z127. M09

N34 M01

					MP.ПМКМ-05.00.00.000 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

4.4 Створення керуючої програми обробки на операцію 040.

Створення заготовки на обробку деталі «Гайка» на операцію 040 в середовищі

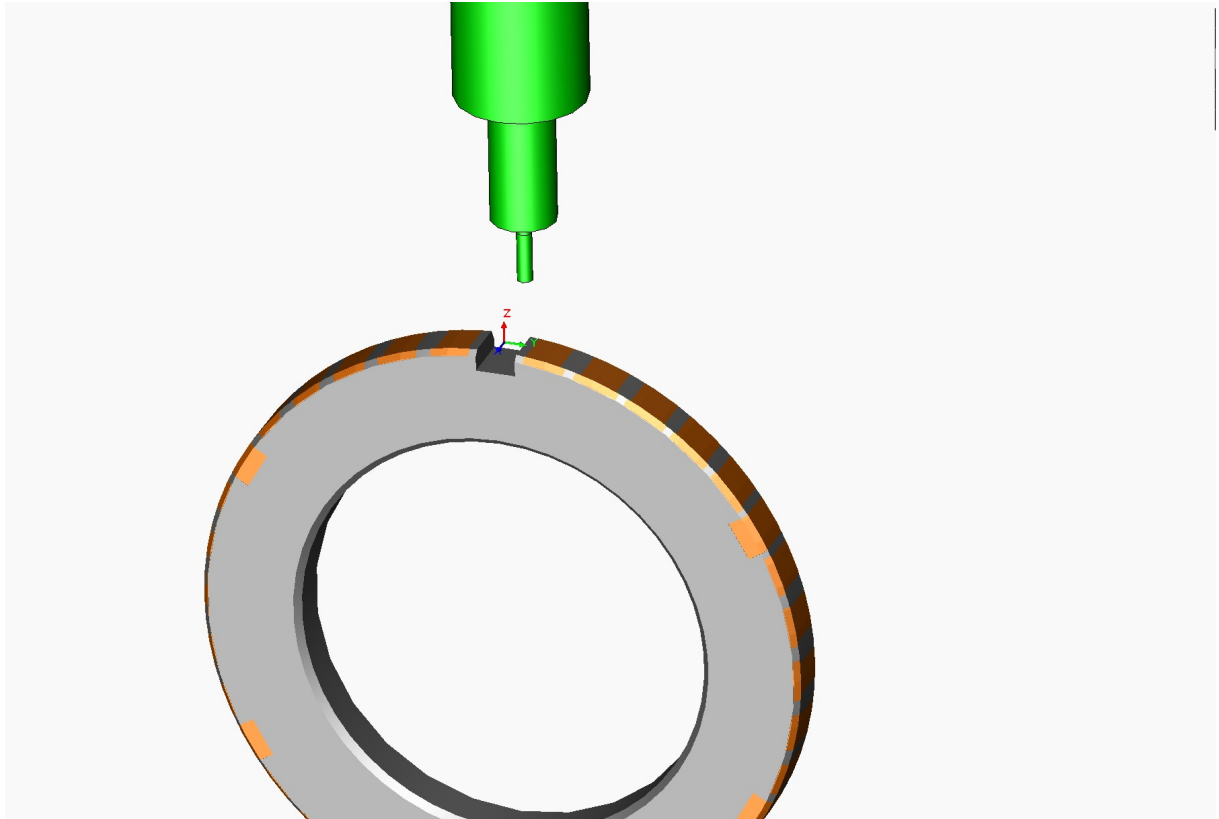


Рис 4.3 Заготовка на операцію 040

Імітація обробки проходить без помилок. Створюємо керуючу програму обробки операції 040.

Керуюча програма обробки операції 040, наведена нижче:

O0001

N1 G21

N2 G91 G28 X0 Y0 Z0

N3 (Rough Mill1)

N4 (6MM CRB 2FL 19 LOC)

N5 T01 M06

N6 S12000 M03

N7 G90 G54 G00 X-62.865 Y104.873

					MP.ПМКМ-05.00.00.000 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

N8 G43 Z2.5 H01 M08
 N9 G01 Z-3. F411.48
 N10 G17 X-57.984 Y96.42 F1645.92
 N11 X-54.51 Y98.426
 N12 X-59.391 Y106.879
 N13 Z-5.792 F411.48
 N14 X-54.51 Y98.426 F1645.92
 N15 X-57.984 Y96.42
 N16 X-62.865 Y104.873
 N17 Z-8.583 F411.48
 N18 X-57.984 Y96.42 F1645.92
 N19 X-54.51 Y98.426
 N20 X-59.391 Y106.879
 N21 Z-11.375 F411.48
 N22 X-54.51 Y98.426 F1645.92
 N23 X-57.984 Y96.42
 N24 X-62.865 Y104.873
 N25 Z-14.167 F411.48
 N26 X-57.984 Y96.42 F1645.92
 N27 X-54.51 Y98.426
 N28 X-59.391 Y106.879
 N29 Z-16.958 F411.48
 N30 X-54.51 Y98.426 F1645.92
 N31 X-57.984 Y96.42
 N32 X-62.865 Y104.873
 N33 Z-19.75 F411.48
 N34 X-57.984 Y96.42 F1645.92
 N35 X-54.51 Y98.426
 N36 X-59.391 Y106.879
 N37 Z-20. F411.48

					<i>MP.ПМКМ-05.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		45

N38 X-54.51 Y98.426 F1645.92
N39 X-57.984 Y96.42
N40 X-62.865 Y104.873
N41 G00 Z2.5
N42 X-64.808 Y103.751
N43 G01 Z-3. F411.48
N44 X-58.806 Y93.354 F1645.92
N45 X-51.444 Y97.604
N46 X-57.447 Y108.001
N47 Z-5.792 F411.48
N48 X-51.444 Y97.604 F1645.92
N49 X-58.806 Y93.354
N50 X-64.808 Y103.751
N51 Z-8.583 F411.48
N52 X-58.806 Y93.354 F1645.92
N53 X-51.444 Y97.604

					MP.ПМКМ-05.00.00.000 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

4.5 Створення керуючої програми обробки на операцію 050.

Створення заготовки на обробку деталі «Гайка» на операцію 050 в середовищі

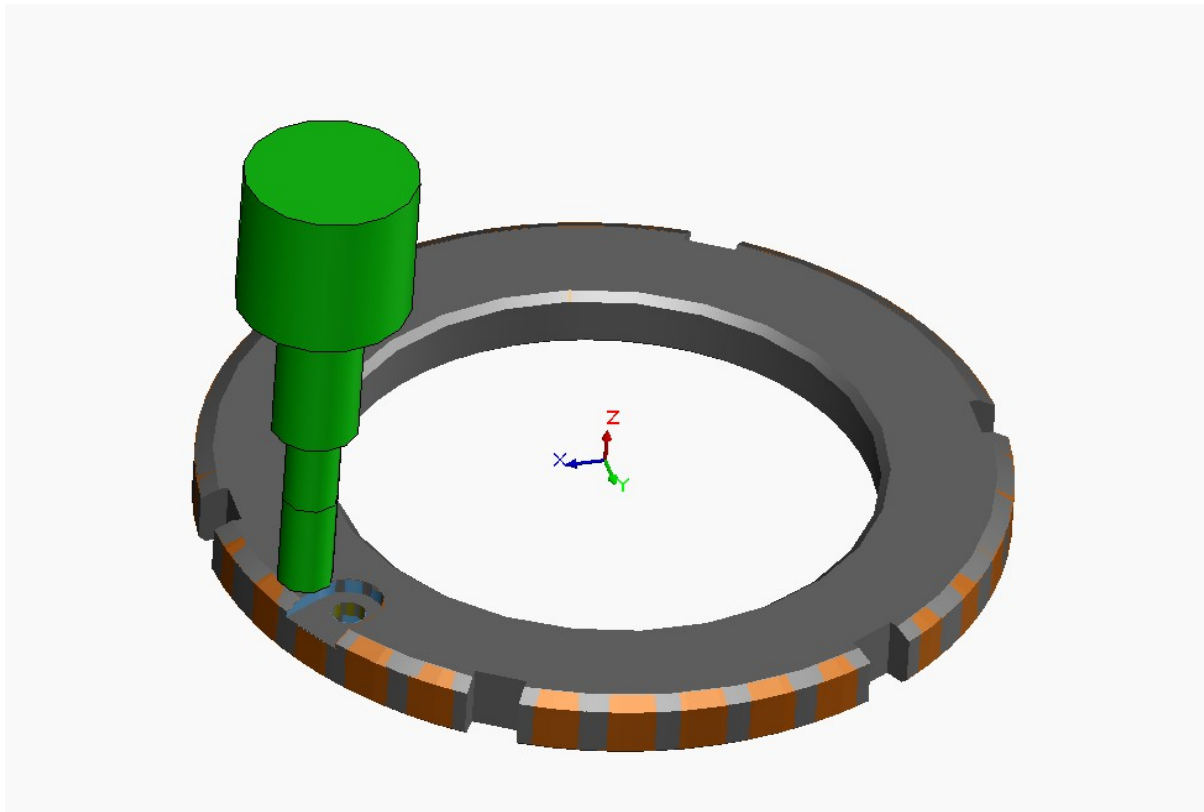


Рис 4.4 Заготовка на операцію 050

Імітація обробки проходить без помилок. Створюємо керуючу програму обробки операції 050.

Керуюча програма обробки операції 050, наведена нижче:

O0001

N1 G21

N2 G91 G28 X0 Y0 Z0

N3 (Rough Mill1)

N4 (20MM CRB 2FL 38 LOC)

N5 T05 M06

N6 S3323 M03

N7 G90 G54 G00 X0 Y0

					MP.ПМКМ-05.00.00.000 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

N8 G43 Z2.5 H05 M08
 N9 G01 Z-10. F185.687
 N10 G17 X3.25 F371.374
 N11 G03 I-3.25 J0 F742.749
 N12 G01 X11.25
 N13 G03 I-11.25 J0
 N14 G01 X19.25
 N15 G03 I-19.25 J0
 N16 G01 X27.25
 N17 G03 I-27.25 J0
 N18 G01 X35.25
 N19 G03 I-35.25 J0
 N20 G01 X43.25
 N21 G03 I-43.25 J0
 N22 G01 X51.25
 N23 G03 I-51.25 J0
 N24 G01 X59.25
 N25 G03 I-59.25 J0
 N26 G01 X67.25
 N27 G03 I-67.25 J0
 N28 X-67.25 I-67.25 J0
 N29 X67.25 I67.25 J0
 N30 G01 X0 F371.374
 N31 G00 Z2.5
 N32 Z-7.5
 N33 G01 Z-19.75 F185.687
 N34 X3.25 F371.374
 N35 G03 I-3.25 J0 F742.749
 N36 G01 X11.25
 N37 G03 I-11.25 J0

					<i>MP.ПМКМ-05.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		48

N38 G01 X19.25
N39 G03 I-19.25 J0
N40 G01 X27.25
N41 G03 I-27.25 J0
N42 G01 X35.25
N43 G03 I-35.25 J0
N44 G01 X43.25
N45 G03 I-43.25 J0
N46 G01 X51.25
N47 G03 I-51.25 J0
N48 G01 X59.25
N49 G03 I-59.25 J0
N50 G01 X67.25
N51 G03 I-67.25 J0
N52 X-67.25 I-67.25 J0
N53 X67.25 I67.25 J0
N54 G01 X0 F371.374

					<i>MP.ПМКМ-05.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						49
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

5. ПАРАМЕТРИЧНА ОПТИМІЗАЦІЯ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ

Досліджувана деталь «Гайка 00.000.06.10.10.09» є компонентом муфти зчеплення (00-000.06.10.10.00). Головне завдання цієї муфти полягає у передачі крутного моменту, а також у забезпеченні можливості вмикання та вимикання механізму без зупинки роботи двигуна.

На плоскі грані (лиски) деталі діє контактне навантаження величиною 1000 Н. Гайка виробляється зі сталі марки 35 (згідно з ДСТУ 7809:2015), а її технічне креслення наведено на рисунку 5.

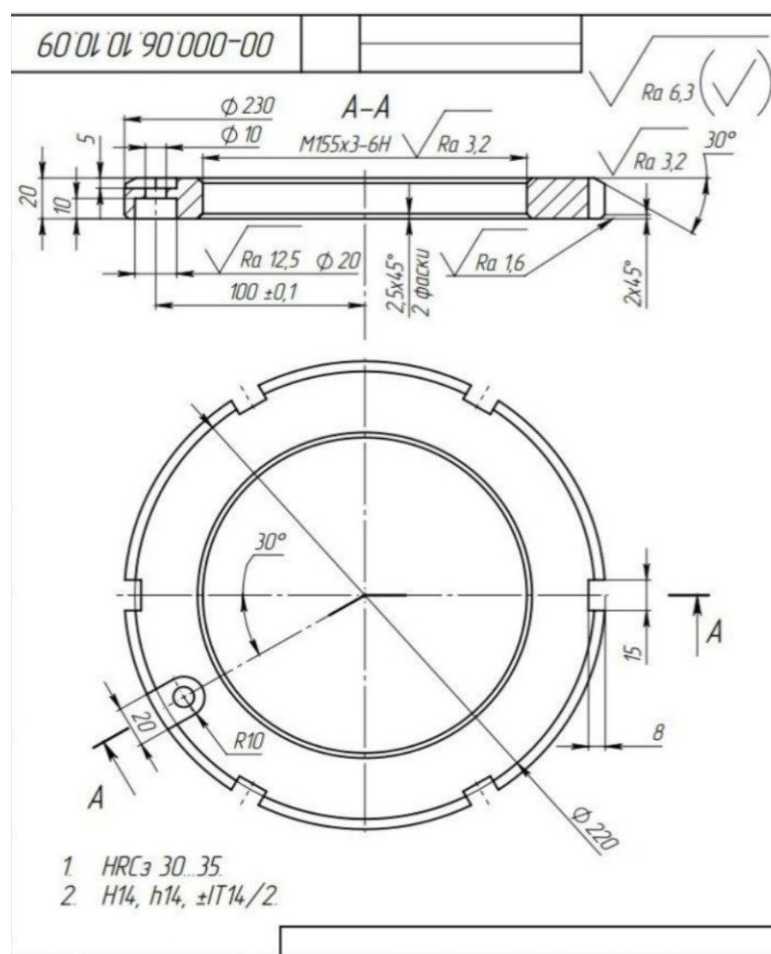


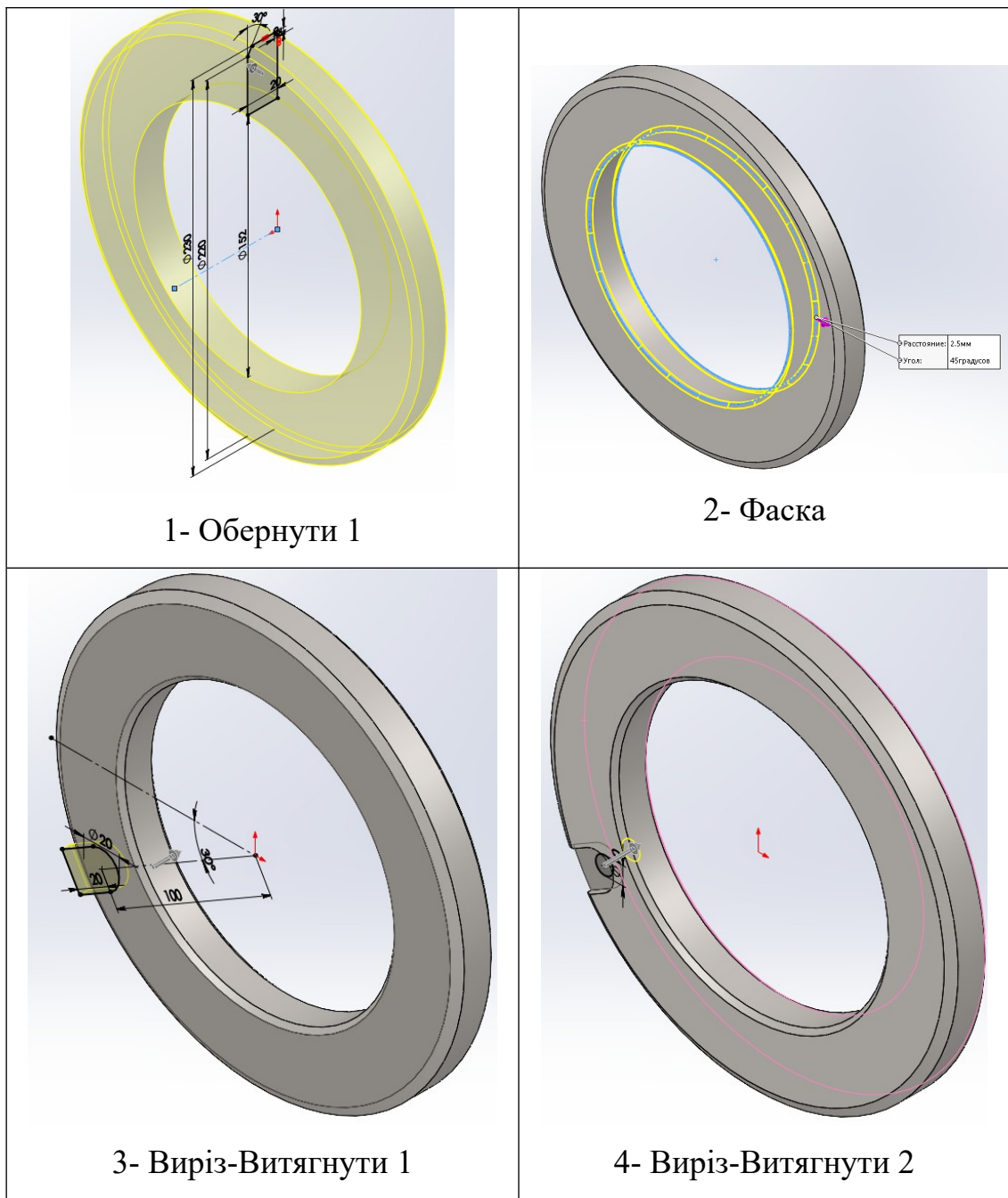
Рисунок 5 – Креслення деталі Гайка 00.000.06.10.10.09

Розробка параметричної тривимірної моделі деталі відбувається поетапно. На рисунку 5.1 продемонстровано структуру дерева побудови моделі «Гайка», а безпосередню послідовність кроків моделювання показано на рисунку 5.2.

					MP.ПМКМ-05.00.00.000 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

- ▶ Повернуть1
- ▶ Фаска1
- ▶ Вырез-Вытянуть1
- ▶ Вырез-Вытянуть2
- ▶ Вырез-Вытянуть3
- ▶ Вырез-Вытянуть4
- ▶ Резьба1

Рисунок 5.1 — Структура побудови параметричної моделі Гайка



Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

MP.ПМКМ-05.00.00.000 ПЗ

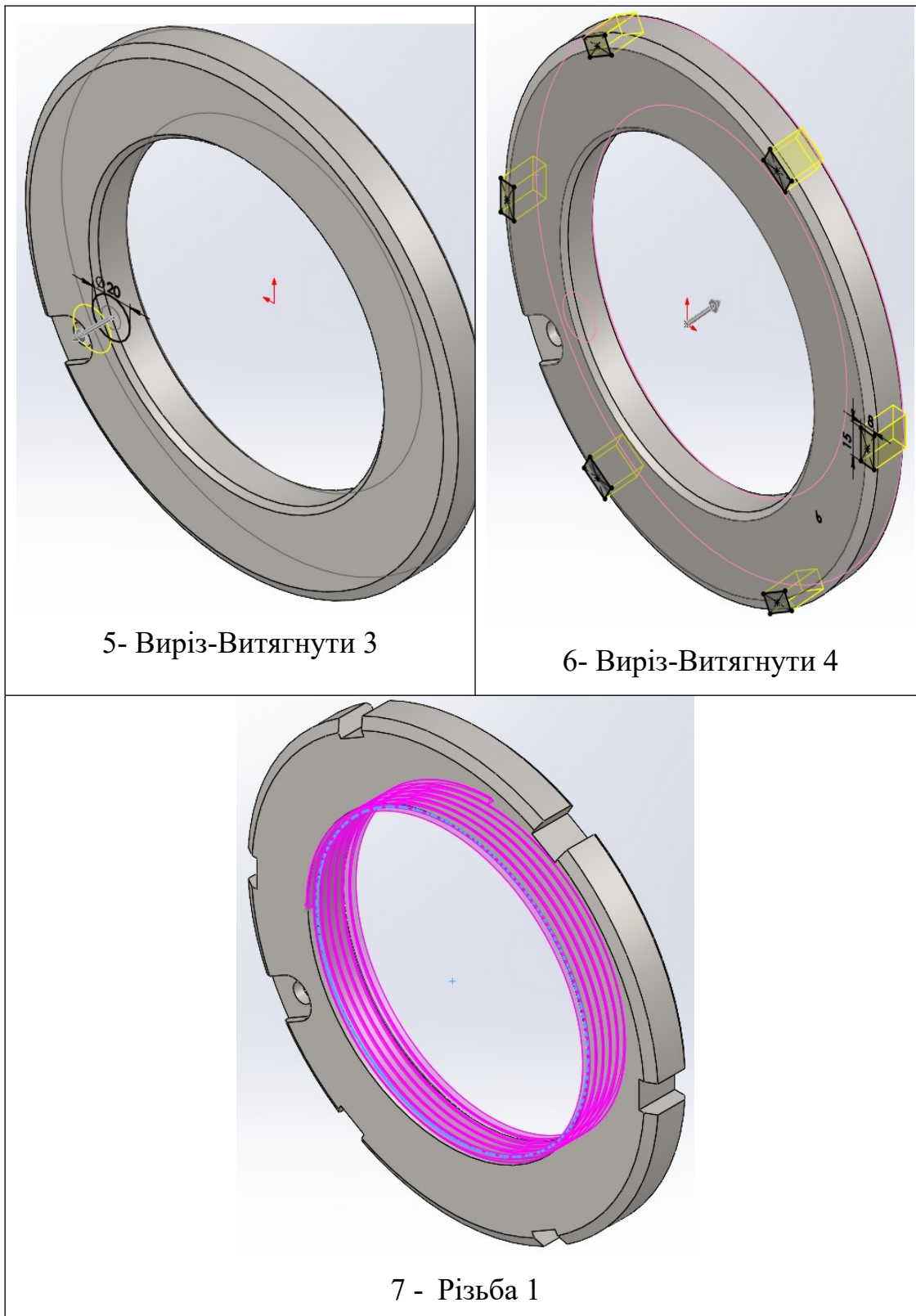


Рисунок 5.2 – Послідовність кроків, побудови 3D моделі деталі Гайка

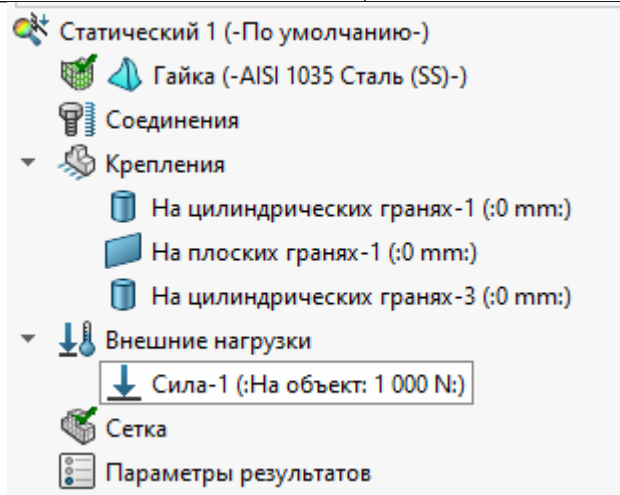
Розроблена параметрична модель дозволяє аналізувати, як окремі змінні проєктування (зокрема елементи «Обертання 1», «Viriz-Vityagnuti 1» та група «Viriz-poвернутий») впливають на напружено-деформований стан і експлуатаційні властивості виробу.

					MP.ПМКМ-05.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		52

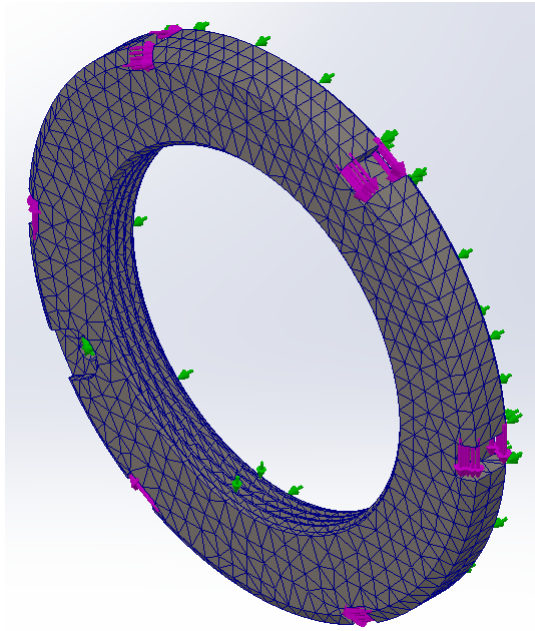
У зв'язку з відсутністю у базі даних програми матеріалу сталь 35 (ДСТУ 7809:2015), обрано аналог — сталь AISI 35 (SS). Параметри, необхідні для проведення статичного та динамічного аналізів, наведені у таблиці 5.1. Сітка елементів для розв'язання статичної задачі зображена на рисунку 5.3.

Таблиця 5.1 – Властивості матеріалу

Назва:	AISI 1035 (SS) Сталь
Тип моделі:	Лінійний Пружний Ізотропний
Критерій міцності:	von Mises
Границя плинності:	2,82e+08 N/m ²
Границя міцності для розтягу:	5,85e+08 N/m ²
Модуль пружності:	2,049e+11 N/m ²
Коефіцієнт Пуассона:	0,29
Густина:	7 850 kg/m ³
Модуль зсуву:	8e+10 N/m ²
Коефіцієнт теплового розширення:	1,1e-05 /Kelvin



а



б

Рисунок 5.3 - Дерево моделі Гайка (а) і сітка елементів (б) для статичної задачі

Граничні умови моделі визначаються наступним чином: на різьбовій поверхні М155х3 накладено обмеження на радіальні переміщення рисунок 5.4. Торцева поверхня гайки зафіксована від переміщень у перпендикулярному напрямку рисунок 5.5. Аналогічні обмеження на радіальні зміщення застосовано до внутрішніх поверхонь отворів діаметром 10 мм та 20 мм рисунок 5.6.

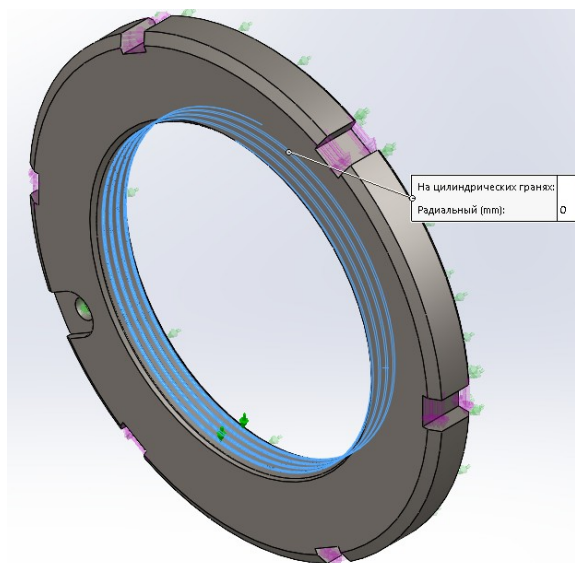


Рисунок 5.4 – Граничні умови які накладаються на циліндричні поверхні

					MP.ПМКМ-05.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		54

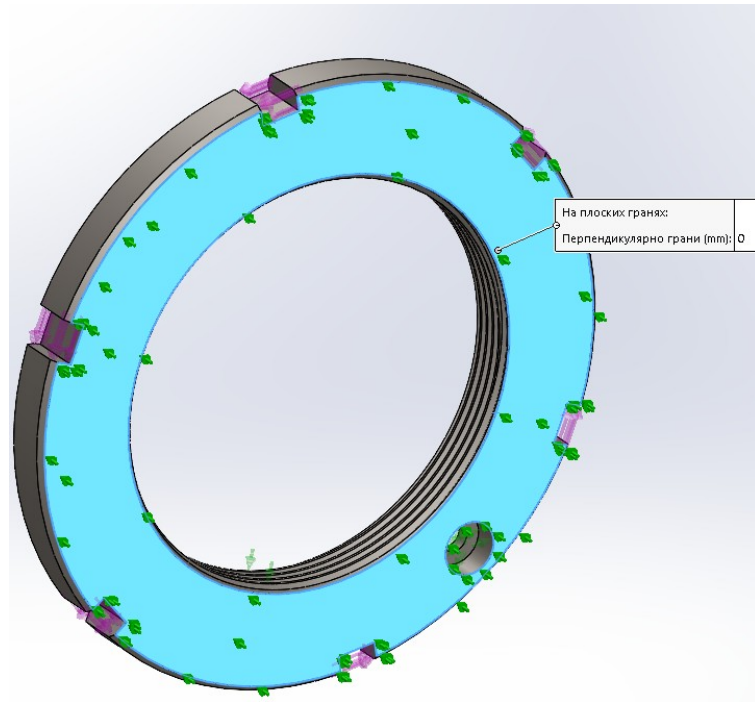


Рисунок 5.5 – Граничні умови які накладаються на плоску поверхню

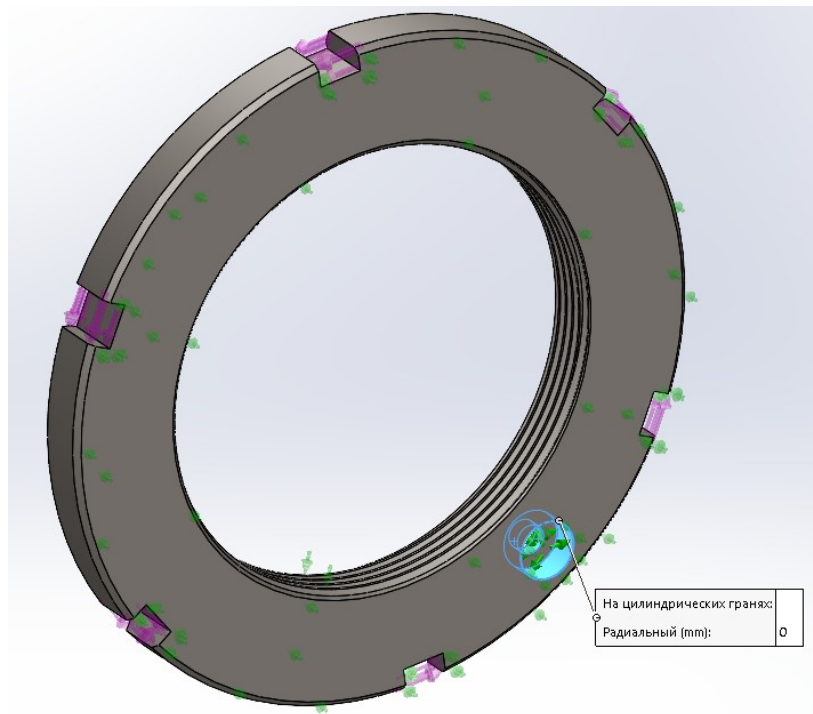


Рисунок 5.6 – Граничні умови які накладаються на циліндричні поверхні отворів

Навантаження моделюється шляхом вибору плоских граней та прикладання до них зусилля 1000 Н з подальшим обчисленням крутного моменту на валу рисунок 5.7.

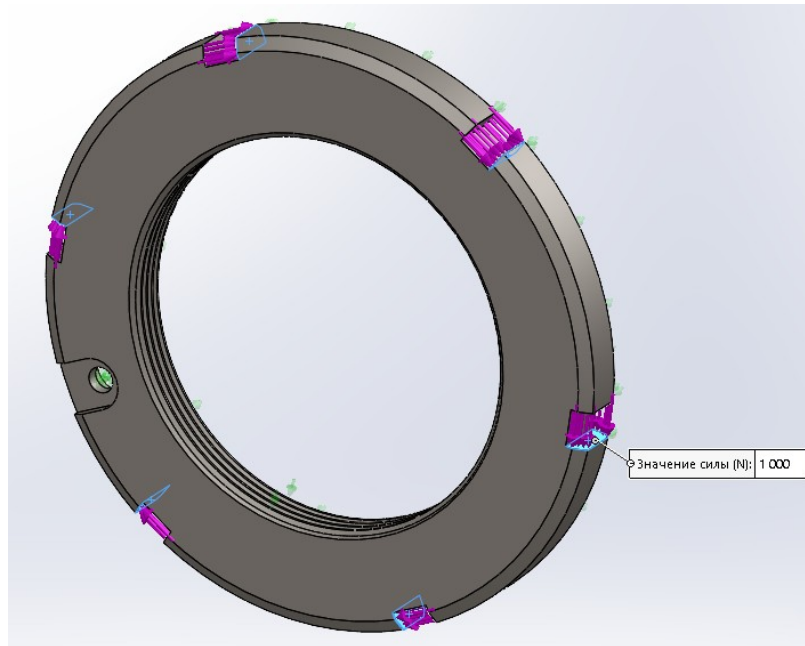


Рисунок 5.7 – Зусилля яке діє плоскі поверхня лисок «1000 Н»

Дослідження показало, що пікове значення еквівалентних напружень сягає 24,58 МПа і локалізується в зоні кріплень кришки, як демонструє рисунок 5.8. Оскільки межа плинності сталі 35 становить 282,7 МПа, небезпека виникнення пластичних деформацій або статичного руйнування відсутня. Розрахунковий коефіцієнт запасу міцності при статичному навантаженні становить $n=11,5$.

					<i>MP.ПМКМ-05.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		56

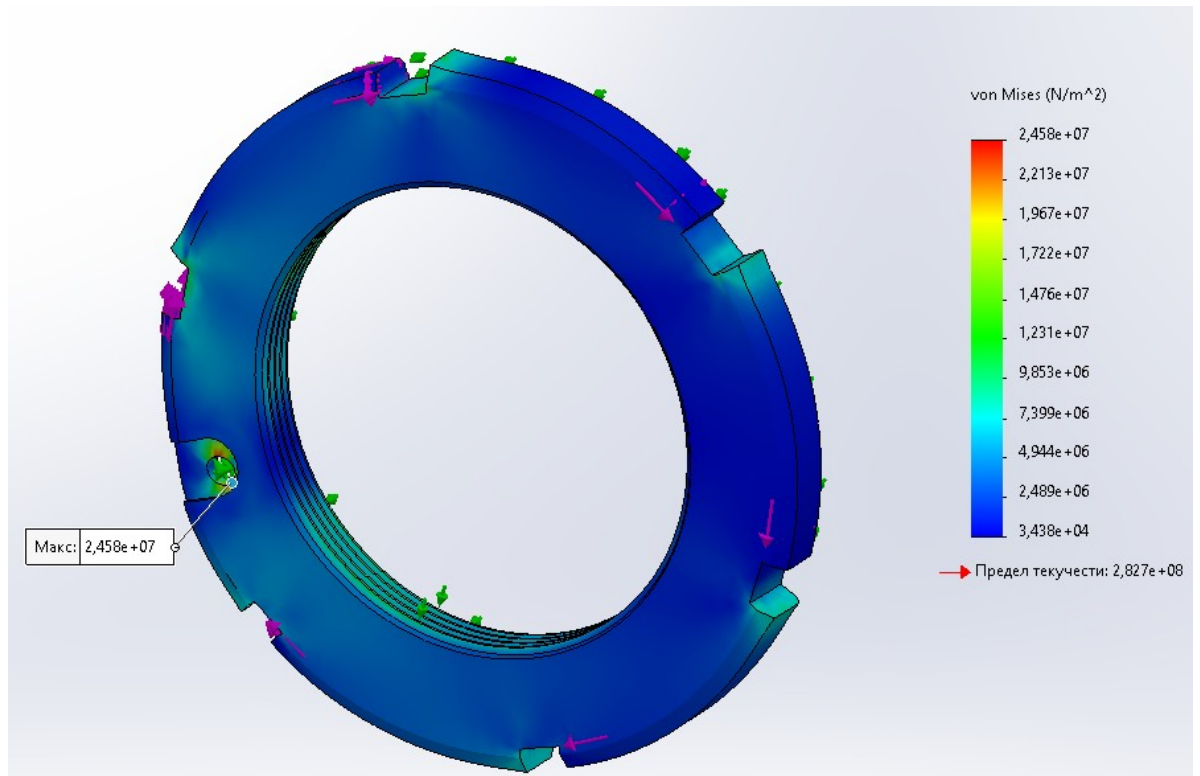


Рисунок 5.8 – Розподіл еквівалентних напружень (за критерієм Мізеса-Губера), МПа

Максимальні переміщення зафіксовано в області отвору діаметром 10 мм, що відповідає зоні кришки, як показує рисунок 5.9.

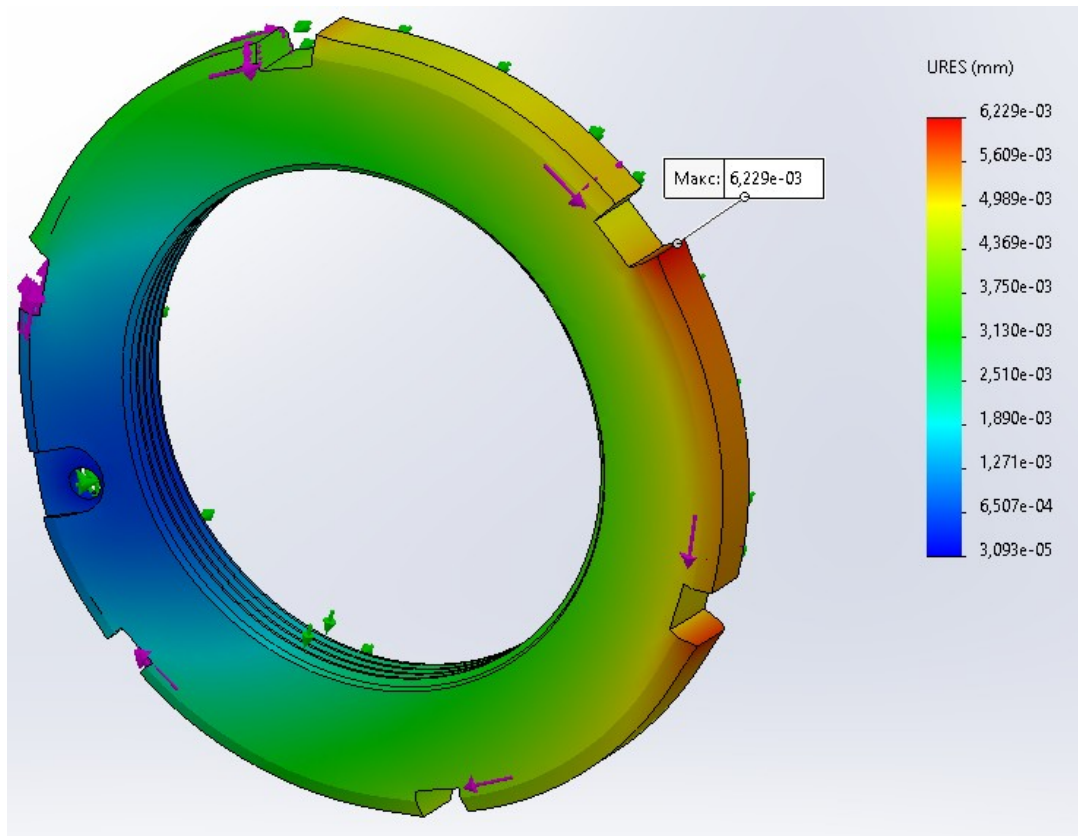


Рисунок 5.9 – Сумарні переміщення (мм)

Висновок: За наявних умов експлуатації деталь «Гайка» характеризується значним запасом статичної міцності ($n=11,5$). Цей факт відкриває перспективи для зменшення маси виробу шляхом застосування методів параметричної та топологічної оптимізації.

Для проведення дослідження обрано базову товщину гайки 20 мм із варіативним діапазоном значень: 17 мм, 20 мм та 23 мм. Основна мета полягає у виявленні кореляції між зміною товщини деталі та її масою, переміщеннями й еквівалентними напруженнями. Отримання необхідних залежностей потребує використання інструменту «Виявити тенденцію», як ілюструє рисунок 5.10. Процедура передбачає послідовну варіацію товщини кришки у цифровій моделі, що супроводжується обов'язковою перебудовою розрахункової сітки та виконанням симуляції на кожному етапі.

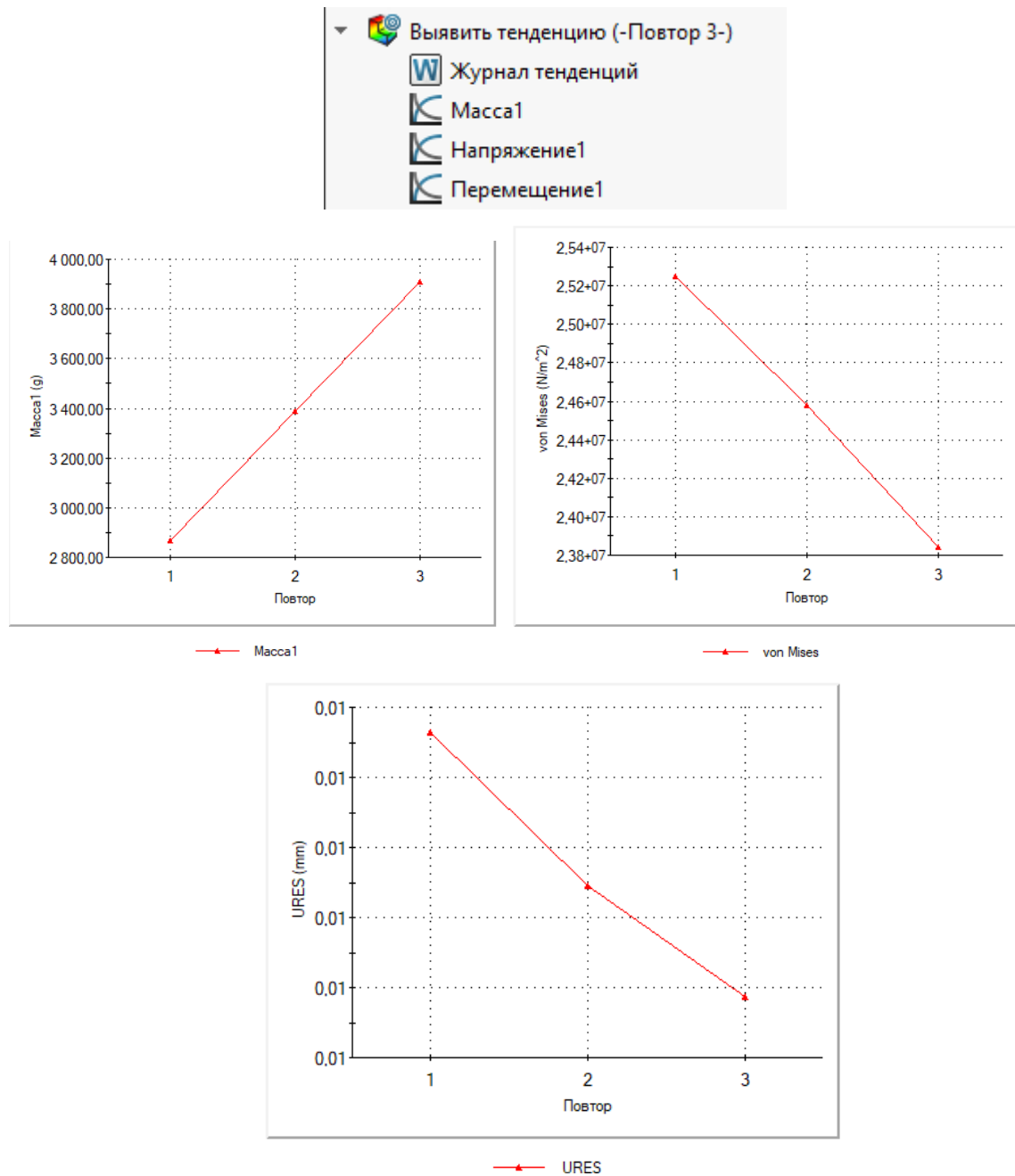


Рисунок 5.10 – Підсумки параметричного вивчення «Виявити закономірність»

Результати дослідження свідчать, що зменшення товщини деталі «Гайка» дозволяє знизити її вагу, однак це супроводжується зростанням напружень та деформацій.

Застосована методика параметричного аналізу вирізняється високим рівнем автоматизації². Програма самостійно виконує перебудову цифрової моделі та обчислює вихідні характеристики для різних комбінацій вхідних розмірів³. Для

аналізу визначено базові параметри: товщину деталі ($t=20$ мм) та глибину прорізів ($h=8$ мм), які візуалізує рисунок 5.114. Додатково встановлено обмеження щодо маси та внутрішніх напружень, що відображає рисунок 5.125.

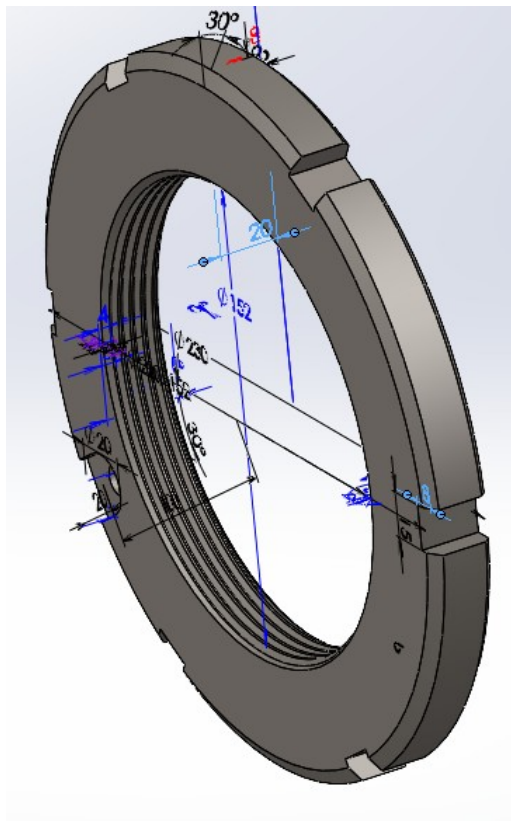


Рисунок 5.11 – Параметри, що використовуються в дослідженні.

Выполнить <input type="checkbox"/> Оптимизация		Всего активных сценариев: 12											
		Сценарий 1	Сценарий 2	Сценарий 3	Сценарий 4	Сценарий 5	Сценарий 6	Сценарий 7	Сценарий 8	Сценарий 9	Сценарий 10	Сценарий 11	Сценарий 12
Переменные t Введите значение h Введите значение Нажмите здесь, чтобы добавить Переменные		16мм	18мм	20мм	22мм	16мм	18мм	20мм	22мм	16мм	18мм	20мм	22мм
Ограничения Масса1 Больше Мин: 0.000000 Напряжение1 Больше Мин: 0 Н/м ² Статический t		6мм	6мм	6мм	6мм	6мм	6мм	6мм	6мм	10мм	10мм	10мм	10мм

Рисунок 5.12– Визначення вхідних та кінцевих параметрів.

Програмний комплекс виконує розрахунки для дванадцяти різних сценаріїв, як демонструє рисунок 5.13. Отримані результати доступні для експорту у формат CSV з подальшим імпортом у табличний процесор Excel. Для побудови тривимірної діаграми, що відповідає структурі таблиці 5.2, вихідні дані необхідно транспонувати. Ця операція легко виконується за допомогою стандартної функції Excel «ТРАНСП».

	Текущая	Начальная	Сценарий 1	Сценарий 2	Сценарий 3	Сценарий 4	Сценарий 5	Сценарий 6	Сценарий 7	Сценарий 8	Сценарий 9	Сценарий 10	Сценарий 11	Сценарий 12	
t	20мм	20мм	16мм	18мм	20мм	22мм	16мм	18мм	20мм	22мм	16мм	18мм	20мм	22мм	
h	8мм	8мм	8мм	8мм	8мм	8мм	8мм	8мм	8мм	8мм	10мм	10мм	10мм	10мм	
Масса1	> 0.000000	3.389169	3.389169	2.716162	3.066796	3.417429	3.788061	2.893554	3.041362	3.389169	3.736975	2.670946	3.015928	3.360909	3.705889
Напряжение1	> 0 Н/м²	2.4582e+07 Н/м²	2.4582e+07 Н/м²	2.96e+07 Н/м²	2.3477e+07 Н/м²	2.4193e+07 Н/м²	2.5074e+07 Н/м²	2.9641e+07 Н/м²	2.3976e+07 Н/м²	2.4566e+07 Н/м²	2.4751e+07 Н/м²	2.7698e+07 Н/м²	2.3541e+07 Н/м²	2.4735e+07 Н/м²	2.4852e+07 Н/м²

Рисунок 5.13 – Підсумки аналізу параметрів.

Таблиця 5.2 – Дані, підготовлені для створення об'ємних (3D) діаграм.

h, мм	6		8		10	
t, мм	σ	m	σ	m	σ	m
16	29600000	2,716162	29641000	4	27698000	2,670946
18	23477000	3,066796	23976000	2	23541000	3,015928
20	24193000	3,417429	24566000	9	24735000	3,360909
22	25074000	3,768061	24751000	5	24852000	3,705889

Аналіз залежностей свідчить, що зменшення глибини (h) та товщини (t) призводить до зростання внутрішніх напружень¹. Визначальним фактором для рівня напружень є саме товщина (t)². Водночас глибина (h) чинить значніший вплив на загальну масу виробу, що демонструють рисунок 5.14 та 5.15.

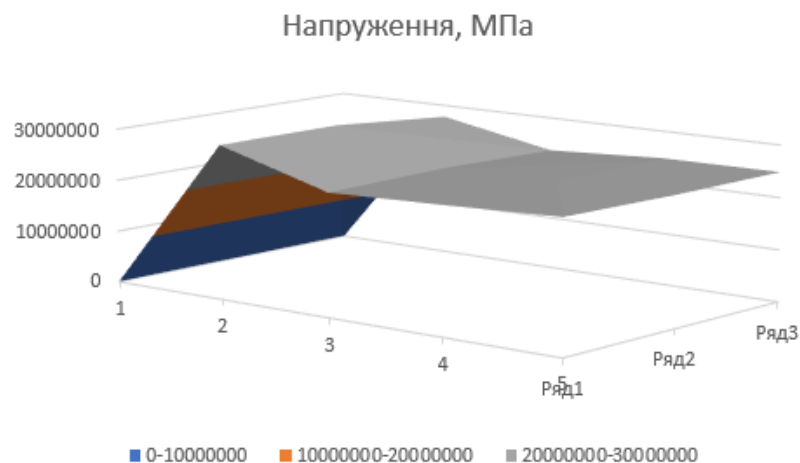


Рисунок 5.14 – Залежність еквівалентних напружень від глибини h і товщини t

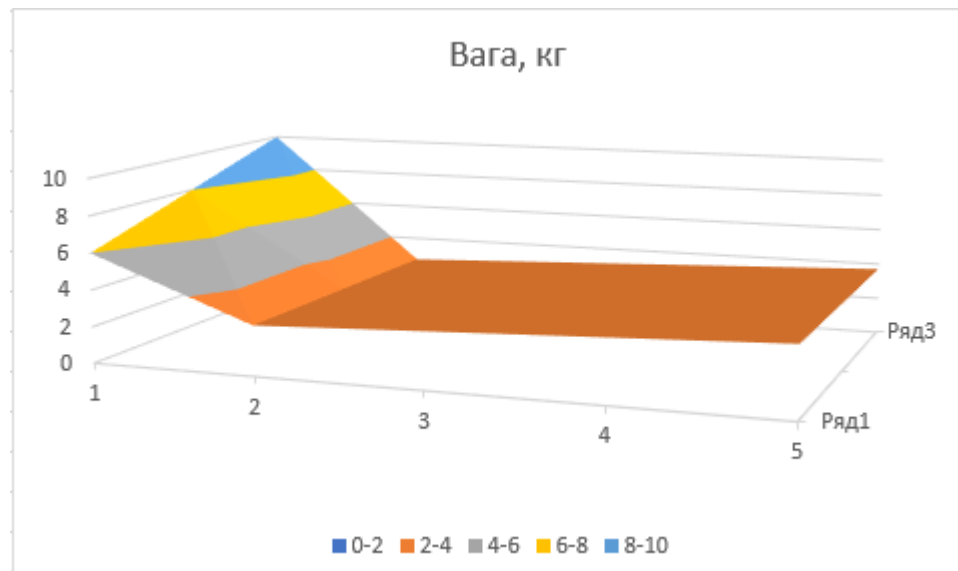
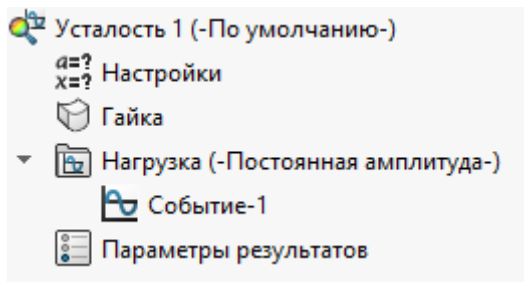


Рисунок 5.15 – Залежність маси від глибини h і товщини t

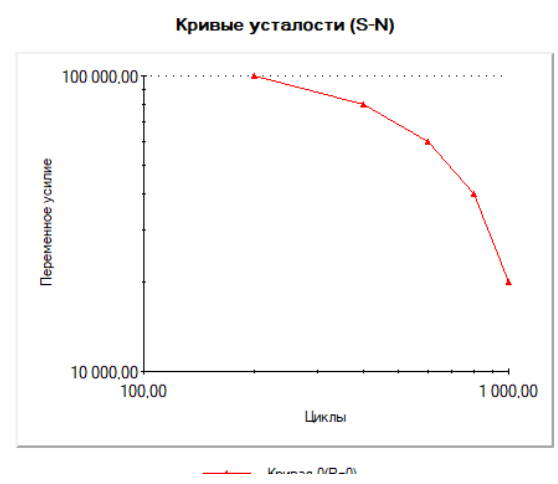
Висновки: за результатами аналізу прийнято рішення залишити початкові параметри конструкції: глибина пазів (h) — 8 мм, товщина деталі (t) — 20 мм1. За таких умов розрахункове напруження становить 24 566 000 Па (24,57 МПа), а загальна маса виробу дорівнює 3,389169 кг2.

5.1 Обчислення циклічної довговічності деталі гайка.

Втома матеріалу визначається як процес поступового накопичення пошкоджень і розвитку тріщин під дією циклічних навантажень. Важливою особливістю цього явища є те, що руйнування настає при напруженнях, значно менших за критичні значення, характерні для статичного навантаження. Алгоритм розрахунку передбачає попереднє виконання статичного аналізу оптимізованої моделі (аналогічно Задачі 1) з подальшим створенням дослідження на втому з постійною амплітудою. У налаштуваннях навантаження задається подія з параметрами: коефіцієнт асиметрії циклу $R=0$, кількість циклів $n=100000$ та масштаб 14. Слід зауважити, що базові налаштування програми часто не враховують вплив середнього напруження циклу, що може призвести до завищення розрахункової довговічності, тому цю опцію доцільно активувати у властивостях аналізу.



а



б

Рисунок 5.1.1– Вхідні дані і результати дослідження (а)
Крива втоми для сталі 35 для R=0 (б)

На рисунок 5.1.2 наведено розрахункові коефіцієнти запасу втомної міцності для деталі «Гвинт натискний». Мінімальне значення, що становить 0,001509, зафіксовано в зоні отвору діаметром 10 мм. Через критично низький показник запасу збільшення діючого навантаження категорично не рекомендується.

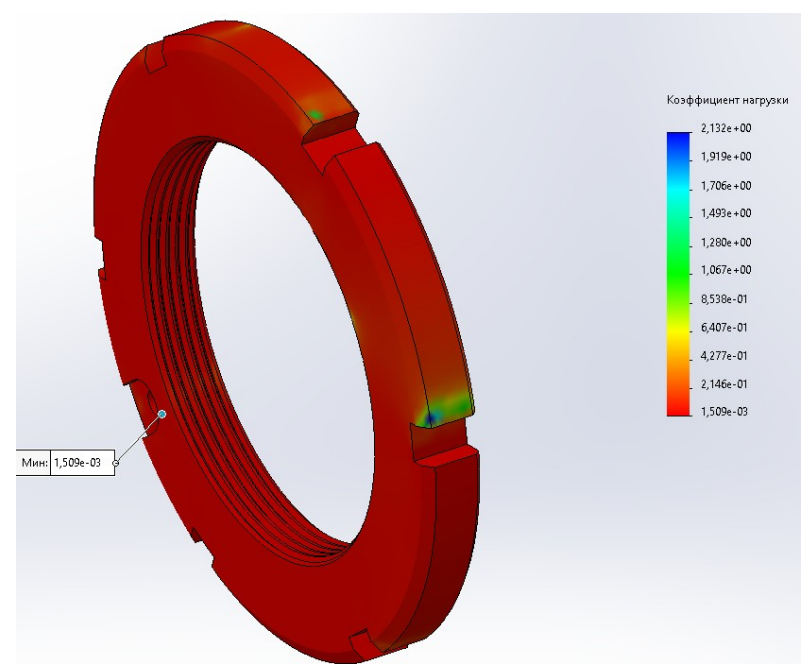


Рисунок 5.1.2 – Коефіцієнт запасу втомної міцності деталі Гайка

5.2 Аналіз лінійних вільних та вимушених гармонічних коливань

Вільні коливання ініціюються початковим зовнішнім імпульсом і підтримуються балансом сил інерції та пружності, без участі періодичних зовнішніх навантажень. Власні частоти та форми коливань є фундаментальними властивостями системи, які залежать виключно від її матриць мас та жорсткості.

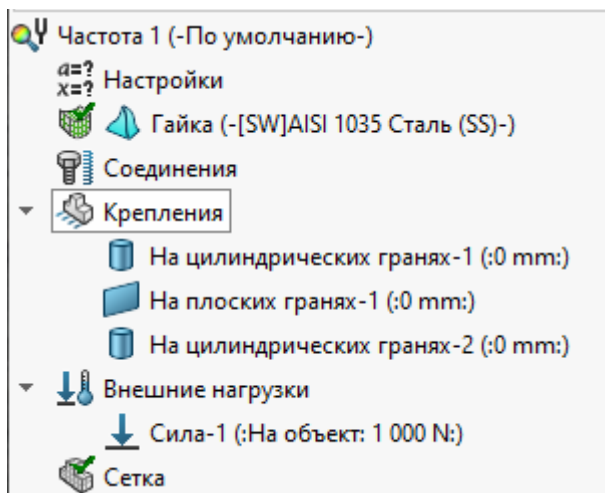


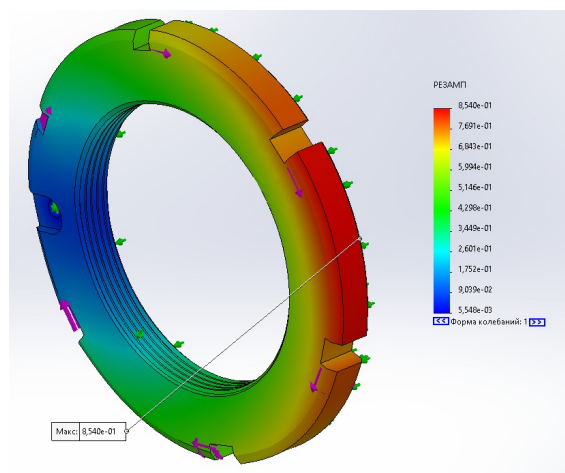
Рисунок 5.2.1 – Вхідні дані для дослідження

У таблиці 5.2.1 зведені результати розрахунку перших п'яти власних частот. Відповідні форми коливань, що відображають відносні безрозмірні амплітуди зміщень, показує рисунок 5.2.2.

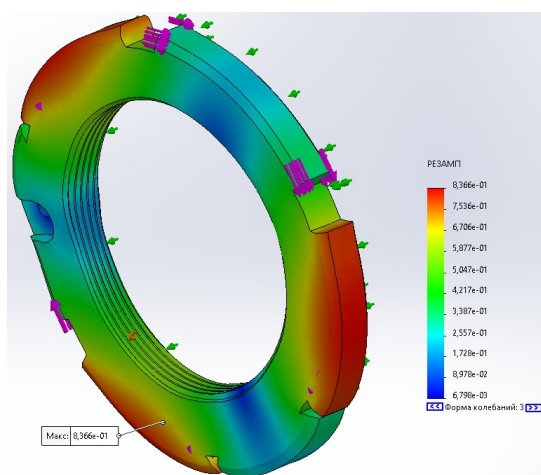
					<i>MP.ПМКм-05.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 5.2.1 – Нормалізований вплив маси

Режим No.	Частота (Герц)	Напрямок X	Напрямок Y	Напрямок Z
1	3 573,6	3,2201e-09	0,078229	0,02576
2	7 357	6,0643e-07	0,1524	0,45134
3	10 621	5,6027e-08	0,28278	0,09471
4	14 402	5,8628e-06	1,2718e-09	1,2098e-06
5	17 210	4,8331e-08	0,038276	0,01338
	Сума	X = 6,5768e-06	Y = 0,55168	Z = 0,58519



а



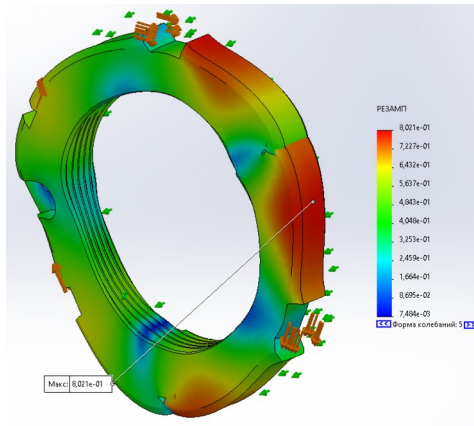
б

Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

МР.ПМКМ-05.00.00.000 ПЗ

Арк.

65



В

Рисунок. 5.2.2 – Форми вільних коливань деталі: а- 3 573,6 Гц, б-10 621 Гц, в-17 210 Гц

Висновок: Аналіз перших п'яти власних мод показав, що найбільш виражені радіальні викривлення поверхонь спостерігаються в частотному діапазоні від 3 573,6 Гц до 17 210 Гц.

Метою дослідження є визначення амплітудних значень деформацій та напружень, що виникають внаслідок дії гармонічного навантаження (сили, що змінюється за синусоїдальним законом). Обчислювальний процес передбачає ітеративний розрахунок для широкого спектра частот із заданим кроком, що є досить ресурсомісткою та тривалою процедурою.

Вихідні параметри моделювання (Рисунок 5.2.3):

- Діапазон частот: Обрано інтервал від 0 до 18 000 Гц, що обґрунтовано результатами попереднього модального аналізу.
- Модальне демпфування: Розрахунок враховує демпфування матеріалу.
- Коефіцієнт демпфування: Прийнято орієнтовне значення 0,01. Для імплементації цього параметра було внесено відповідні зміни до запису в базі даних матеріалів.
- Граничні умови та навантаження: Схема закріплень ідентична тій, що використовувалася у статичному аналізі. При цьому замість статичної сили задається амплітуда гармонічного навантаження.

					<i>МР.ПМКМ-05.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		66

- Амплітуда навантаження: Встановлено значення сили 1000 Н.

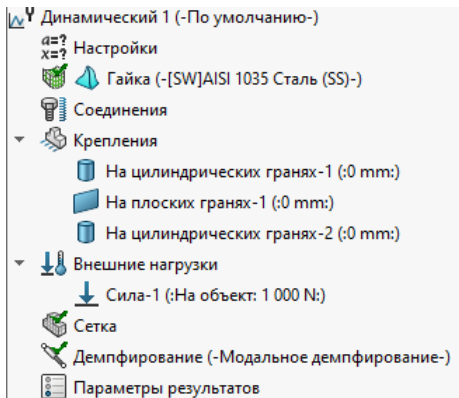


Рисунок 5.2.3 – Вхідні дані дослідження

Аналіз амплітудно-частотних характеристик у контрольних вузлах, який ілюструє рисунок 5.2.4, дозволив ідентифікувати резонансну частоту 3545 Гц. Встановлено, що навіть з урахуванням демпфування амплітудні значення переміщень та напружень у діапазоні 3000–4300 Гц залишаються критично високими. Для запобігання передчасному втомному руйнуванню виробу рекомендується уникати дії зовнішніх навантажень у зазначеному частотному спектрі.

					<i>MP.ПМКМ-05.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

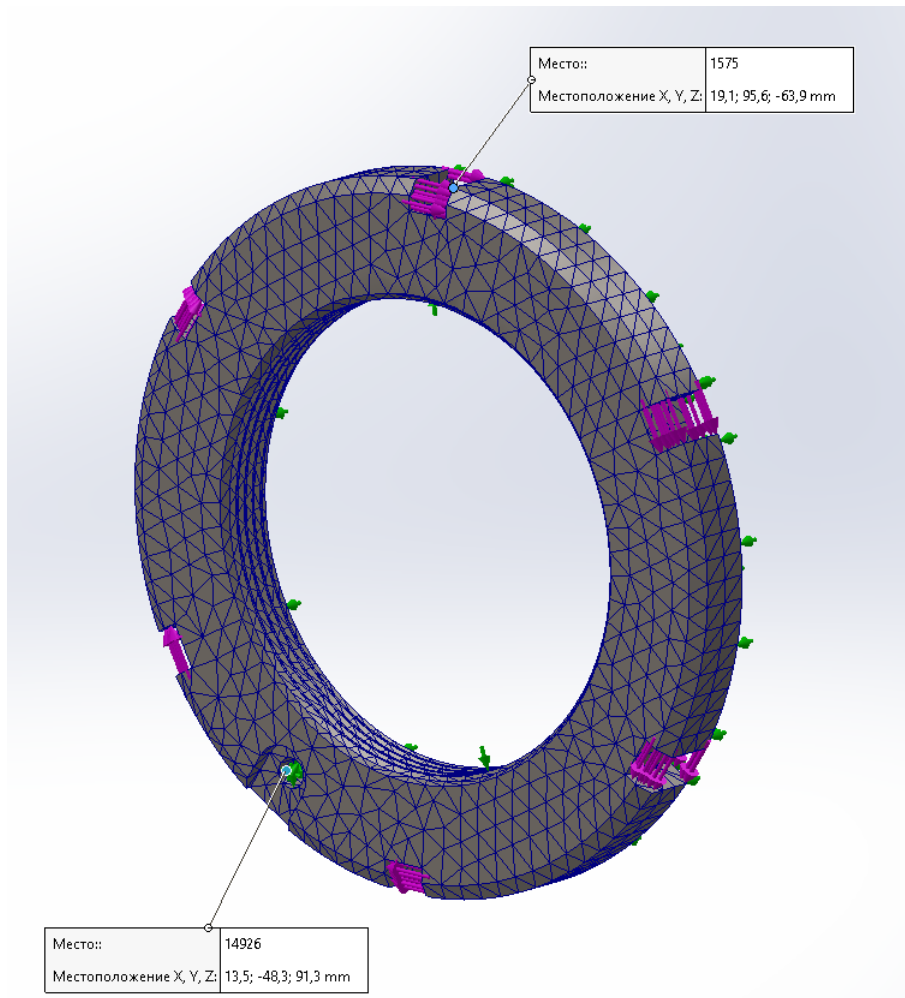


Рисунок 5.2.4 - Обрані вузли для визначення амплітуди деформацій Даної деталі

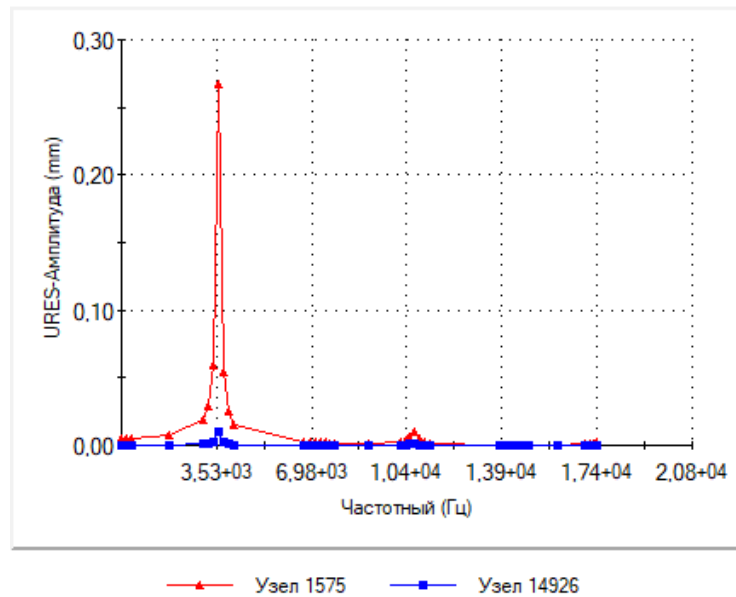


Рисунок 5.2.5 – Амплітуда переміщень в вузлах деталі 1575 і 14926

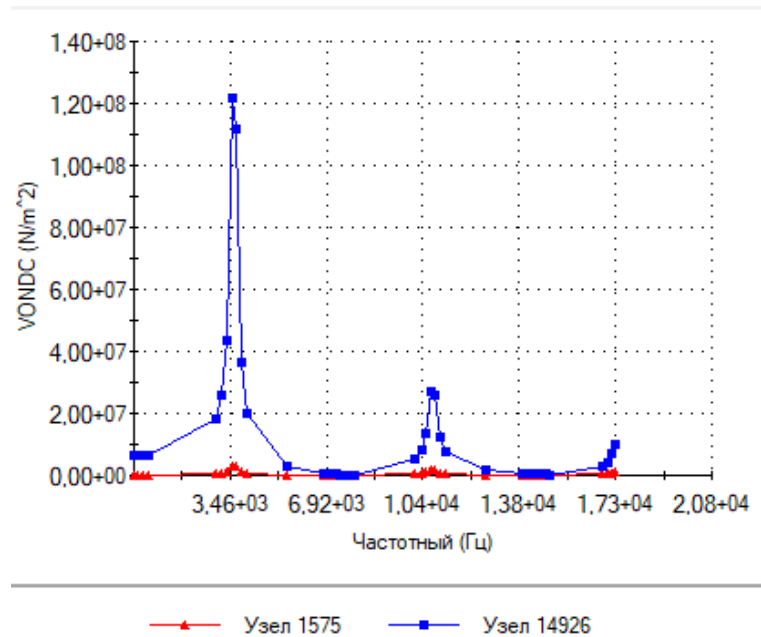


Рисунок 5.2.6 Амплітуда еквівалентних напружень в вузлах деталі 1575 і 14926

Висновок: Експлуатацію виробу в частотному діапазоні 3000–4300 Гц необхідно виключити. Робота на цих частотах супроводжується критичними деформаціями та створює високий ризик втомного руйнування матеріалу.

Висновки

Під час виконання дипломного проєкту. Виконано креслення деталі «Гайка 00.000.06.10.10.09», запропоновано технологічний процес механічної обробки, підібрані металорізальні верстати та різальний інструмент.

Для закріплення деталі на токарній операції 030 запропоновано пристрій 3-х кулачкового патрону, виконано креслення пристрою. В конструкторській частині виконано конструювання дитячої іграшки на замовлення підприємства та виготовлено пробний зразок.

					MP.ПМКм-05.00.00.000 ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Список використаних джерел

1. Руденко П.А. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні : Навчальний посібник.- Київ: Вища школа, 1993.-414с.
2. Муляр Ю. І., Дерібо О. В. Програмування токарної обробки на верстатах з ЧПК. Навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2004. – 91 с.
3. Технологія обробки типових деталей і складання машин: курсове проектування. Методичні вказівки / Р. Т. Карпик, П. І Войтенко, – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2014. – 77 с.
4. Карпик Р. Т. Технологічна оснастка. Методичні вказівки / Р. Т.Карпик, Б. Д. Сторож. – Івано-Франківськ: Факел, 2010. – 80 с.
5. Електронне джерело sandvik.coromant - www.sandvik.coromant.com/en-gb/products/toolguide/cutting-data-calculation.
6. Електронне джерело - <https://roehm.partcommunity.com/3d-cad-models/sso/werkst%C3%BCckspannung->.

					<i>MP.ПМКМ-05.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Додатки

					MP.ПМКМ-05.00.00.000 ПЗ	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАФТИ І ГАЗУ

Магістерська робота на тему Розробка технології виготовлення деталі «Гайка 00-00.06.10.10.00»

Виконав студент групи ПМКм-24-1 Григоренко Вадим.

Керівник проєкту професор Роп'як Л. Я

2025 рік

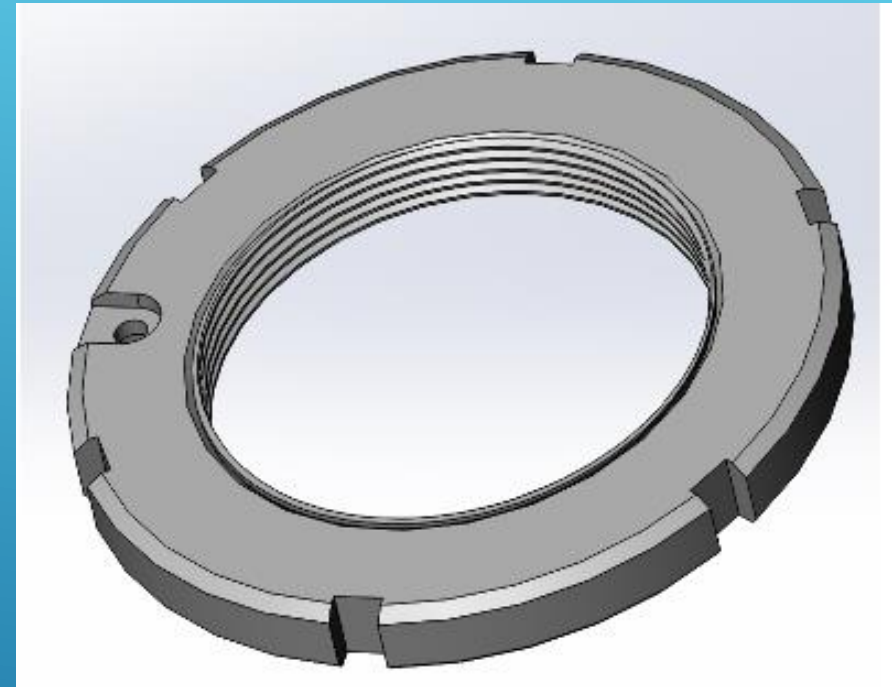
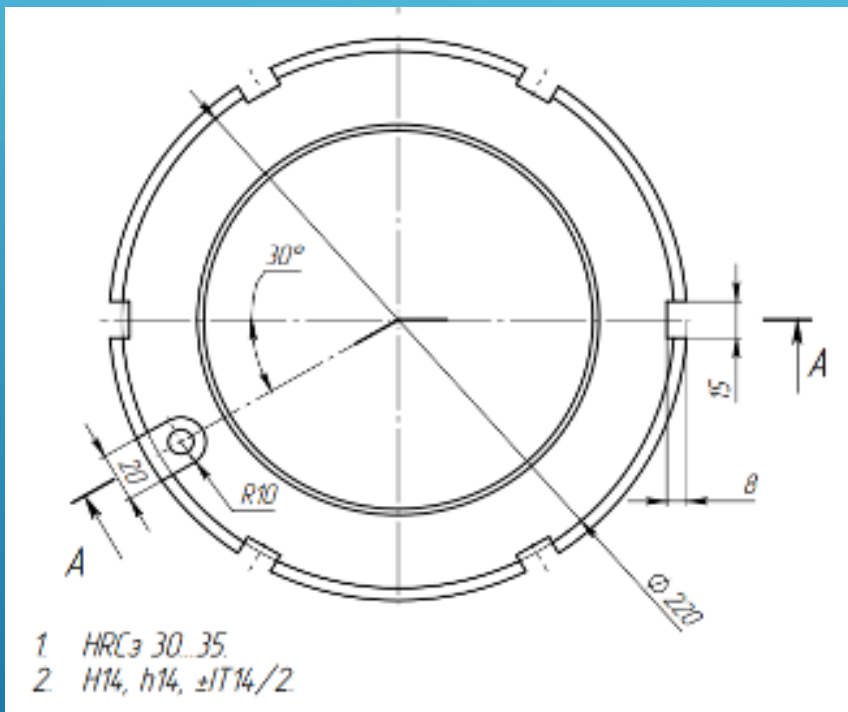
Мета

Вивчення технології виготовлення деталі «Гайка 00-00.06.10.10.00» з використанням верстатів з ЧПК.

У процесі виконання роботи передбачається:

- Ознайомлення з основними етапами технологічного процесу виготовлення деталі;
- Розгляд послідовності механічної обробки кришки на верстатах з ЧПК;
- Вивчення переваг застосування верстатів з ЧПК під час виготовлення деталей машин;
- Формування загального уявлення про вибір обладнання, інструменту та режимів різання;
- Набуття початкових навичок аналізу технологічного процесу обробки деталей.

Модель, вигляд об'єкта проекування



Деталь «Гайка 00-00.06.10.10.09» є складальною одиницею муфти зчеплення 00-000.06.10.10.00.

Вибір засобів технологічного оснащення

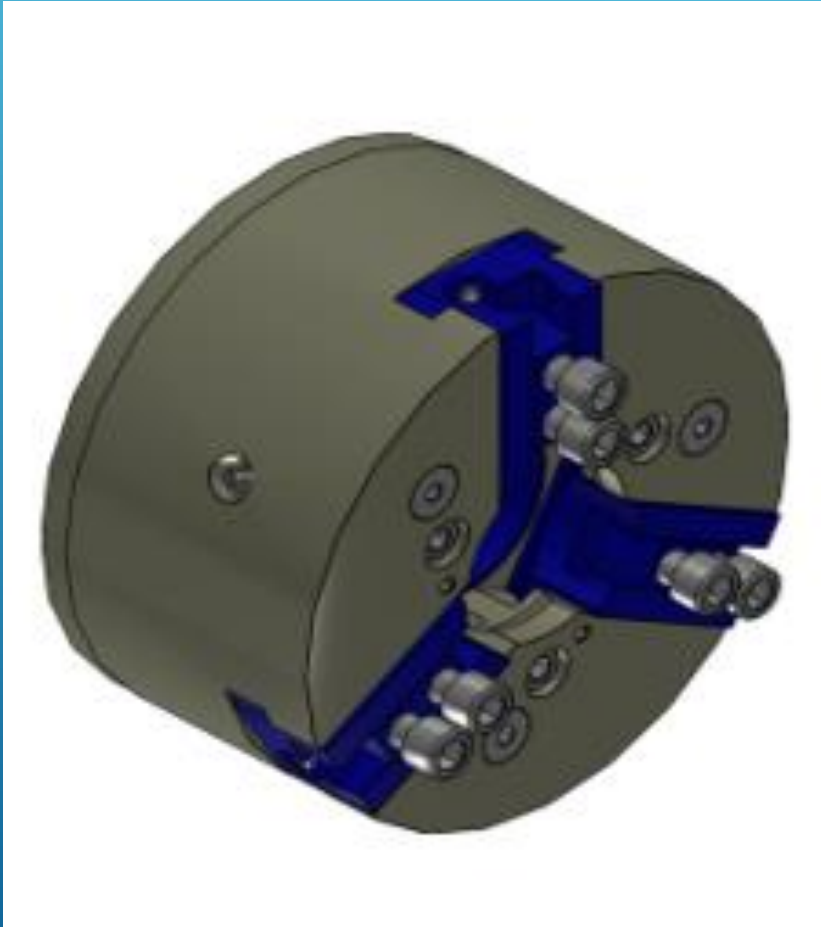


Токарний верстат Gildemeister
NEF 400-ID

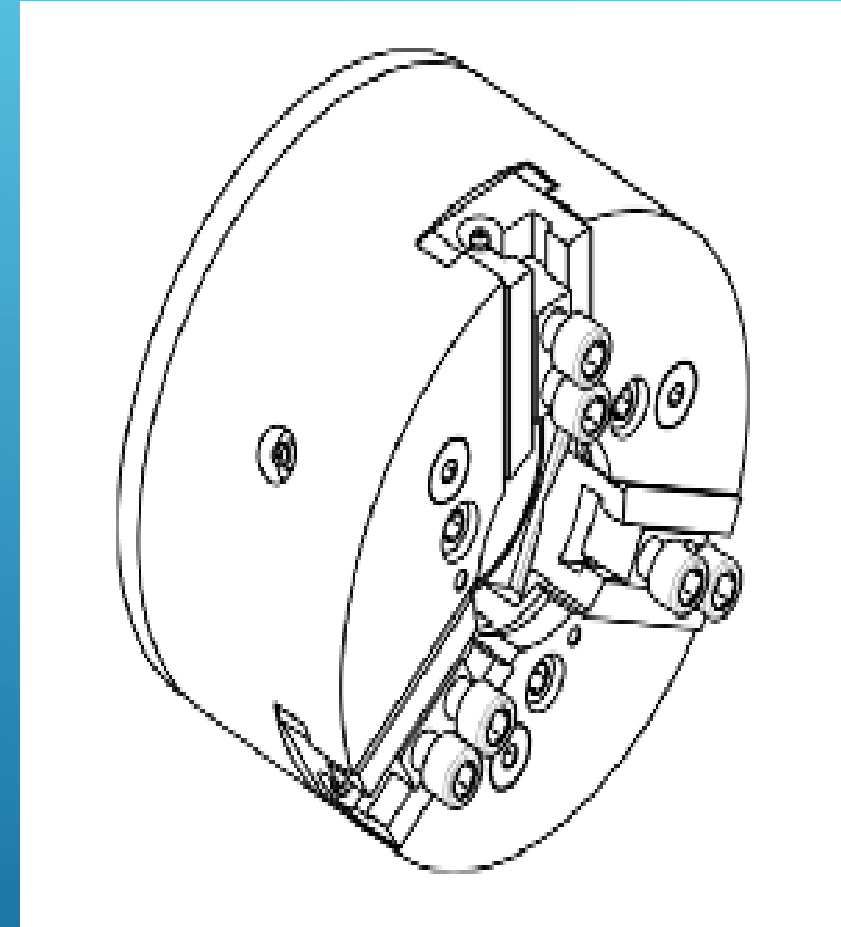


Вертикально фрезерного
верстат HAAS VM-3

Додатковий пристрій верстатного пристосування



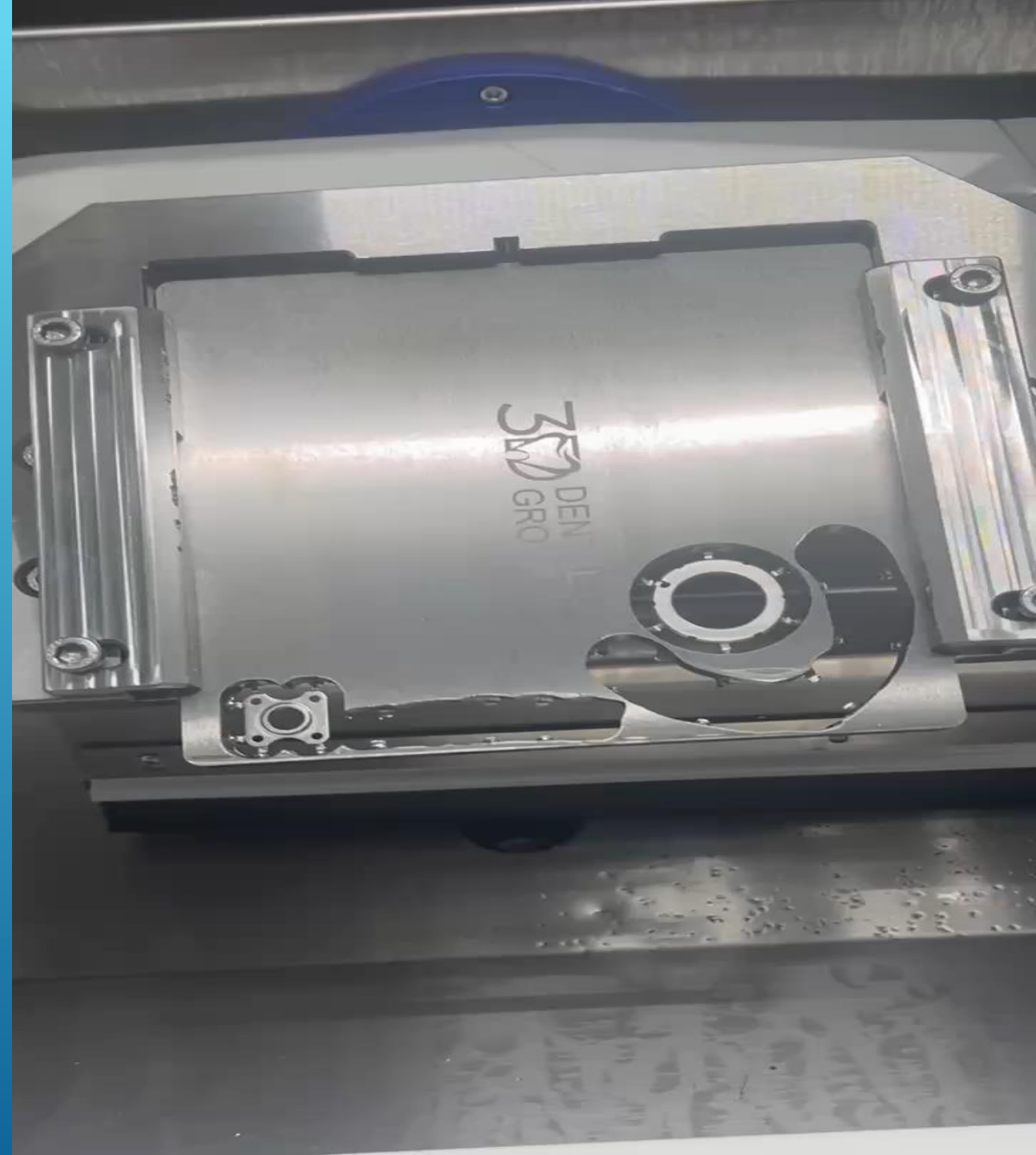
3-кулачковий патрон — це затискний пристрій із трьома рухомими «кулачками», які одночасно сходяться та фіксують деталь у центрі. Він **самоцентрується**, що робить його швидким та зручним у використанні для круглих або шестикутних заготовок.



Відео-демонстрація
виготовлення деталі



Відео-демонстрація результату
виготовлення деталі



Висновки

У ході виконання роботи було проведено комплексне дослідження та проектування технологічного процесу виготовлення деталі «Гайка 00.000.06.10.10.09», яка є критично важливим компонентом муфти зчеплення.

Розроблено детальний маршрут механічної обробки, що включає токарні, горизонтально-фрезерні та вертикально-фрезерні операції на верстатах із ЧПК, таких як Gildemeister NEF 400-ID, HAAS EC-400 та HAAS VM-3.

Дякую за увагу!

