

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

МР.ПМКМ-17.00.00.00 ПЗ

Група ПКМм-24-1

Сергій Луценко

2025

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

Луценко Сергій Олександрович
(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 621.91
(індекс)

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

Технологія виготовлення деталі «Кришка 00.000.06.03.03.02»
(назва роботи)

Комп'ютеризовані і роботизовані технології машинобудування
(назва освітньої програми)

131 – Прикладна механіка
(шифр і назва спеціальності)

Здобувач освітнього ступеня Луценко С. О.
(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

Луценку Сергій Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Технологія виготовлення деталі «Кришка 00.000.06.03.03.02»

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 «Кришка 00.000.06.03.03.02»

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

1. Технологічна частина
2. Конструкторська частина
3. Вибір засобів технологічного оснащення
4. Моделювання деталі «Кришка»
5. Наукове дослідження

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.
7. Наукове дослідження – 2 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)

Луценко С.О.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Роп'як Л.Я.
(прізвище та ініціали)

Реферат

Магістерська кваліфікаційна робота виконана на тему: Технологія виготовлення деталі «Кришка 00.000.06.03.03.02». Пояснювальна записка розглядається на 66 сторінках і включає 43 рисунків, 9 таблиць, а також бібліографію із 7 джерел. Графічна частина складається з 12 аркушів.

Об'єкт дослідження – процес механічної обробки.

Предмет дослідження – технологічний процес виготовлення деталі «Кришка 00.000.06.03.03.02».

Мета роботи - є вивчення технології виготовлення деталі «Кришка 00.000.06.03.03.02» 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.

Використання верстатів з ЧПК під час виготовлення деталі «Кришка 00.000.06.03.03.02» дозволяє підвищити точність обробки, повторюваність розмірів та якість поверхні, а також зменшити вплив людського фактора і скоротити час виробництва.

В магістерській роботі описано призначення та конструкцію деталі. Обрано заготовку з прокату, розраховані припуски на механічну обробку та визначені режими різання. В конструкторській частині роботи спроектовано пристрій для фрезерування лещата.

Методи дослідження: здійснено вибір технологічного обладнання, такого як сучасні верстати з ЧПК та різальний інструмент із веб-сайту <https://www.sandvik.coromant.com>, розроблено керуючу програму обробки деталі, а також проведено імітацію обробки деталі в середовищі SolidCam.

В науковій частині розглянуто питання збереження якості поверхні після фрезерування деталі.

Ключові слова: кришка, технологічний процес, точність, шорсткість, операція, режими різання, пристрій, інструмент, механічні властивості, якість.

Студент

Луценко С. О.

Summary

The master's thesis is on the topic: Technology for manufacturing the part “Cover 00.000.06.03.03.02.” The explanatory note is __ pages long and includes __ figures, __ tables, and a bibliography of 7 sources.

The graphic part consists of __ sheets. The object of research is the mechanical processing process.

The subject of research is the technological process of manufacturing the part “Cover 00.000.06.03.03.02”.

The purpose of the work is to study the technology of manufacturing the part “Cover 00.000.06.03.03.02” using CNC machines.

The work involves:

- Familiarization with the main stages of the technological process of manufacturing the part;
- Examination of the sequence of mechanical processing of the cover on CNC machines;
- Study of the advantages of using CNC machines in the manufacture of machine parts;
- Forming a general idea of the choice of equipment, tools, and cutting modes;
- Acquiring basic skills in analyzing the technological process of machining parts.

The use of CNC machines during the manufacture of the “Cover 00.000.06.03.03.02” part allows for increased machining accuracy, dimensional repeatability, and surface quality, as well as reducing the human factor and shortening production time.

The master's thesis describes the purpose and design of the part. A rolled blank was selected, allowances for mechanical processing were calculated, and cutting modes were determined. In the design part of the work, a device for milling a vice was designed.

Research methods: technological equipment, such as modern CNC machines

and cutting tools, was selected from the website <https://www.sandvik.coromant.com>, a control program for processing the part was developed, and a simulation of the part processing was carried out in the SolidCam environment.

The scientific part examines the issue of maintaining surface quality after milling a part.

Keywords: cover, technological process, accuracy, roughness, operation, cutting modes, device, tool, mechanical properties, quality.

Student

Lutsenko S. O.

Зміст

Вступ.....	6
1. Технологічна частина.....	7
1.1 Опис призначення та конструкції деталі.....	7
1.2 Точність, шорсткість поверхонь і їх взаємне розміщення.....	11
1.3 Проектування технологічного процесу виготовлення деталі «Кришка 00.000.06.03.03.02».....	12
2. Конструкторська частина.....	17
2.1 Опис конструкції і призначення пристрою.....	17
2.2 Розрахунок сили затиску.....	20
3. Вибір засобів технологічного оснащення.....	22
3.1 Опис верстатів.....	22
3.2 Вибір різального інструменту.....	27
4. Моделювання деталі «Кришка».....	39
4.1 Формування кошика інструментів необхідних для обробки поверхонь деталі.....	39
4.2 Створення керуючої програми обробки на операцію 020.....	39
4.3 Створення керуючої програми обробки на операцію 030.....	42
4.4 Створення керуючої програми обробки на операцію 040.....	44
4.5 Створення керуючої програми обробки на операцію 050.....	46
5. Наукове дослідження.....	48
5.1 Обчислення циклічної довговічності деталі кришка.....	59
5.2 Аналіз лінійних вільних та вимушених гармонічних коливань.....	62
Висновки.....	68
Список використаних джерел.....	69
Додатки.....	70

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Лівченко С. О.			<i>Пояснювальна записка</i>		Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Роп'як Л. Я.						1	
Н. Контр.		Роп'як Л. Я.			ІФНТУНГ ПМКМ-24-1				
Затверд.		Панчук В. Г.							

Вступ

CAD/CAM: Автоматизація Проектування та Виробництва

На сучасному виробництві складних виробів і деталей широко застосовуються втоматизовані 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:

- CAD-моделювання: Спершу в середовищі CAD створюються цифрові моделі виробів, які потім можуть бути об'єднані в збірки.
- 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-17.00.00.000 ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

1. Технологічна частина

1.1 Опис призначення та конструкції деталі

Деталь «Кришка 00.000.06.03.03.02» є складальною одиницею кондуктора скальчатого 00.000.06.03.03.00

Кондуктор скальчастий призначений для свердління отворів у деталях на вертикально та горизонтально свердлильних верстатах.

Збірка вузла відбувається у наступній послідовності.

На шток 9 надягається поршень 10 з попередньо встановленими в нього манжетами 22 і кільцями 7. Поршень кріпиться на штоку гайкою 19 і стопорною шайбою 8, яка своїм виступом входить в паз штока, а відігнутий край її запобігає відгвинчуванню гайки 19. 6 разом зі штоком 9 та поршнем 10. Гільза 6 закривається прокладками 16 і кришками 2, 5, 13, прикріпленими до корпусу 1 гвинтами 17. У кришку 13 вставляється манжета 21, а в кришку 2 - сальник 23. В отворах $\varnothing 20$ корпусу 1 переміщують. На качелі 14 і 15, що входять в пази скалок, встановлюється прихват 18 з контргайками 24. Внизу надягається кондукторна плита 3, яка кріпиться гайками 19 і шайбами 20. Отвори $\varnothing 16$ корпусу 1 вставляються втулки 4 і пальці поверхні 11 і пальці 11 і пальці 11 і пальці 11 і 11, що служить опорою для оброблюваної деталі.

Робота кондуктора скальчастого здійснюється в такий спосіб. Стиснене повітря з мережі через розподільчий кран подається в отвори I або II корпусу 1. Кран регулює тиск і напрямок подачі повітря. то кондукторна плита 3 разом зі качалками 14 і 15 піднімається і На базову поверхню встановлюється оброблена деталь. При нижньому положенні поршня кондукторна плита 3 опускається і притискає до базової поверхні оброблювану деталь. на кресленні не показано, кондуктор скальчастий 00-000.06.03.03.00. зображений на (рис. 3.1).

					MP.ПМКМ-17.00.00.000 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

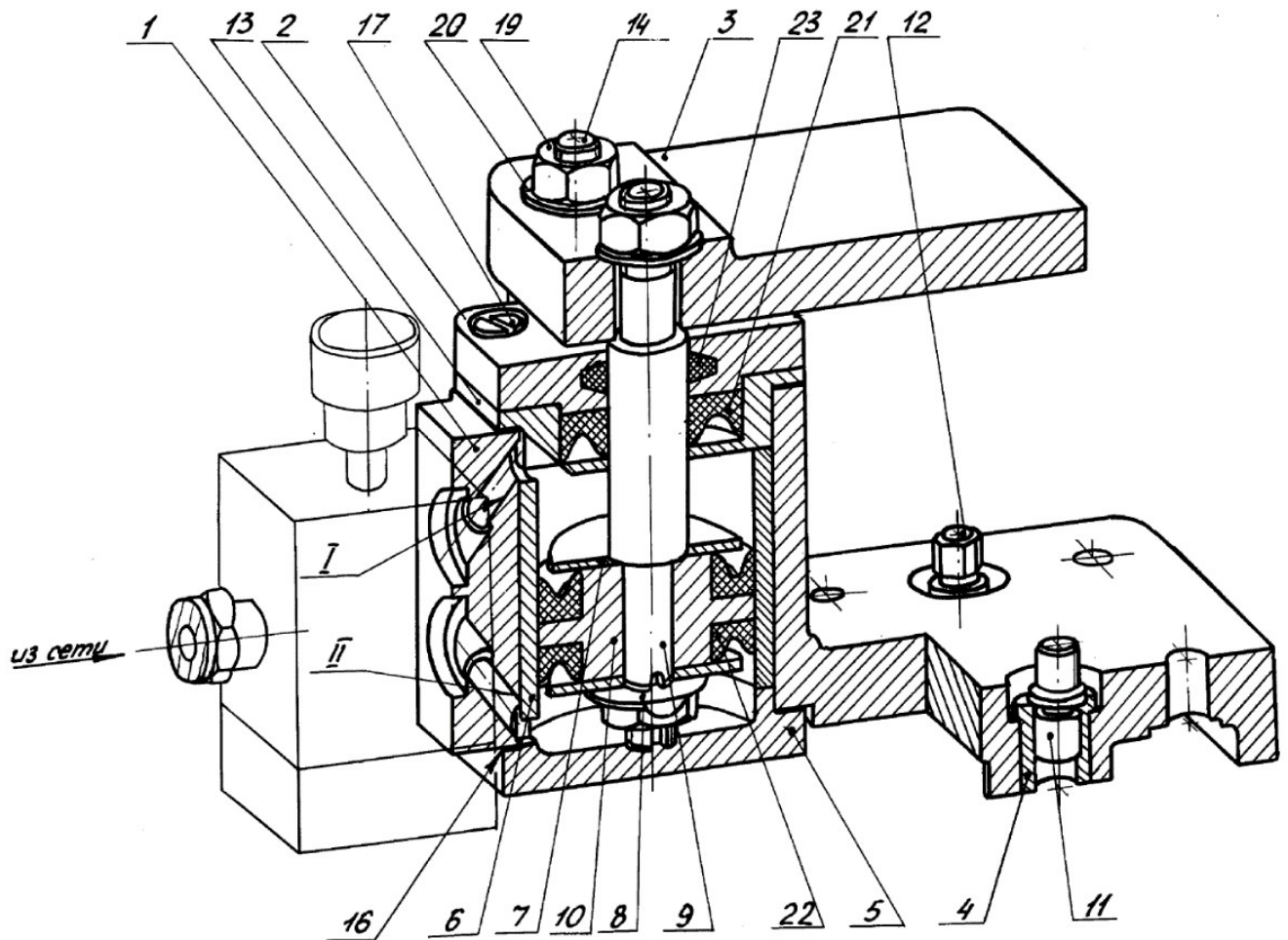


Рисунок 1.1 – Кондуктор скальчастий 00-000.06.03.03.00.

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 3.2

					МР.ПМКМ-17.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		6

Таблиця 1.2 - Механічні властивості сталі 45 ДСТУ 2651:2005

Марка матеріалу	Твердість по Брінелю НВ, не більше	Границя міцності при розтягу, σ_B МПа	Пластичність Ψ , %	Відносне видовження, δ , %
Сталь 45	207	410	55	25

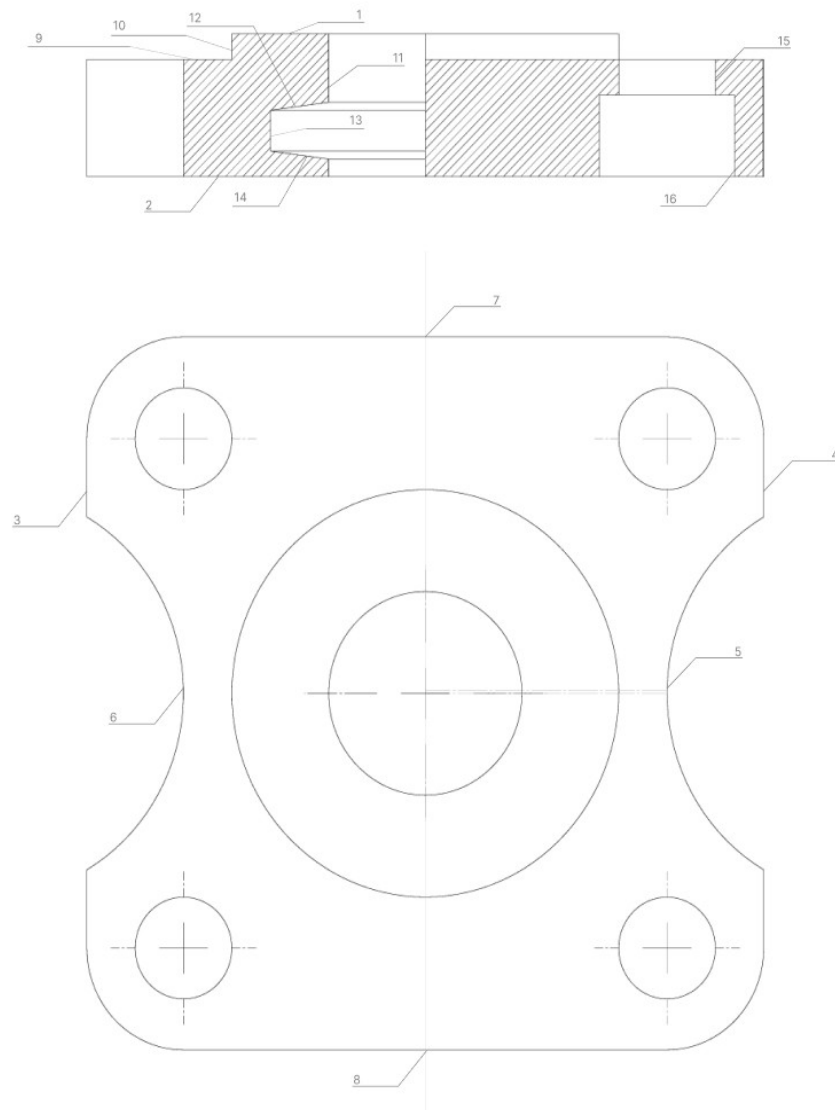


Рисунок 1.3 – Ескіз деталі із номерами її поверхонь

					МР.ПМКМ-17.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		8

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 3.3 користуючись нормативами

Таблиця 3.3 - Точність, шорсткість поверхонь і їх взаємне розміщення

№ поверхні	Класифікація поверхні	Розмір та точність поверхні	Точність форми і розміщення	Шорсткість мкм
1,2	Торцеві поверхні	14 h14	Особливих вимог немає	Ra 6,3
3,4	Торцеві поверхні	70 h14	Особливих вимог немає	Ra 6,3
5,6	Радіусні поверхні	R20 h14	Особливих вимог немає	Ra 6,3
7,8	Торцеві поверхні	70 h14	Особливих вимог немає	Ra 6,3
9	Торцева поверхня	2,5 h14	Особливих вимог немає	Ra 6,3
10	Зовнішня циліндрична	ø40 h8	Особливих вимог немає	Ra 3,2
11	Отвір	ø20 H8	Особливих вимог немає	Ra 1,6
12,14	Канавки	4 h14	Особливих вимог немає	Ra 6,3
13	Внутрішня циліндрична	ø32 H14	Особливих вимог немає	Ra 6,3
15	Отвір	ø10 H14	Особливих вимог немає	Ra 12,5
16	Отвір	ø14 H14	Особливих вимог немає	Ra 12,5

**1.3 Проектування технологічного процесу виготовлення деталі
«Кришка 00.000.06.03.03.02»**

Таблиця 1.4.Маршрут обробки деталі

№ оп	Назва та зміст операції	Верстат, пристрій	Схема базування
10	Заготівельна		
20	Вертикально-фрезерна з ЧПК - 1.Фрезерувати пов.2 - 2.Фрезерувати пов.3. 4,5,6,7,8 -	Верстат Вертикально-Фрезерний з ЧПК HAAS VM-2 Фреза торцова 490-040A32-08H з пластиною 490R-08T316M-PH 4330 Фреза циліндрична RA390-038M32-17H з пластиною R390-17 04 16M-PH 4330 Магнітна плита Mastermill MM50300430	Рис 3.4
30	Вертикально-фрезерна з ЧПК - 1.Фрезерувати пов.1,10,9 напівчисто 2.Фрезерувати пов 10 тонко 3. Свердління 4 отв. 15	Верстат Вертикально-Фрезерний з ЧПК HAAS VM-2 Фреза торцьова 490-040A32-08H з пластиною 490R-08T316M-PH 4330 Свердло 860.1-1000-031A1-PM P1BM Лещата RBAW 748-10	Рис 3.5
40	Вертикально-фрезерна з ЧПК - 1. Розвернути 4 отв. 16	Верстат Вертикально-Фрезерний з ЧПК HAAS VM-2 Розвіртка 435.B-1400-A1-XF	Рис 3.6

		H10F Лещата RBAW 748-10	
50	Токарна з ЧПК 1. Свердління отв. 11 2. Розточування отв. 11, пов.12,13,14	Токарний з ЧПК Gildemeister NEF 400-ID16567 Свердло 860.1-2000-055A1-PM P1BM Різець A12M-STFCR 11 + вставка для точіння TCMT 11 02 08-UM 4335 Різець канавковий MGHN320R 36/48 4-кулачковий патрон Sanou K72-100	Рис 3.7
60	Круглошліфувальна 1. Шліфувати пов.11	Круглошліфувальний верстат Bernardo URS 500 N Головка шліфувальна на оправці 8x10x6 14A/34A F60 4-х кулачковий патрон Sanou K72-125	Рис 3.8

					MP.ПМКМ-17.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		11

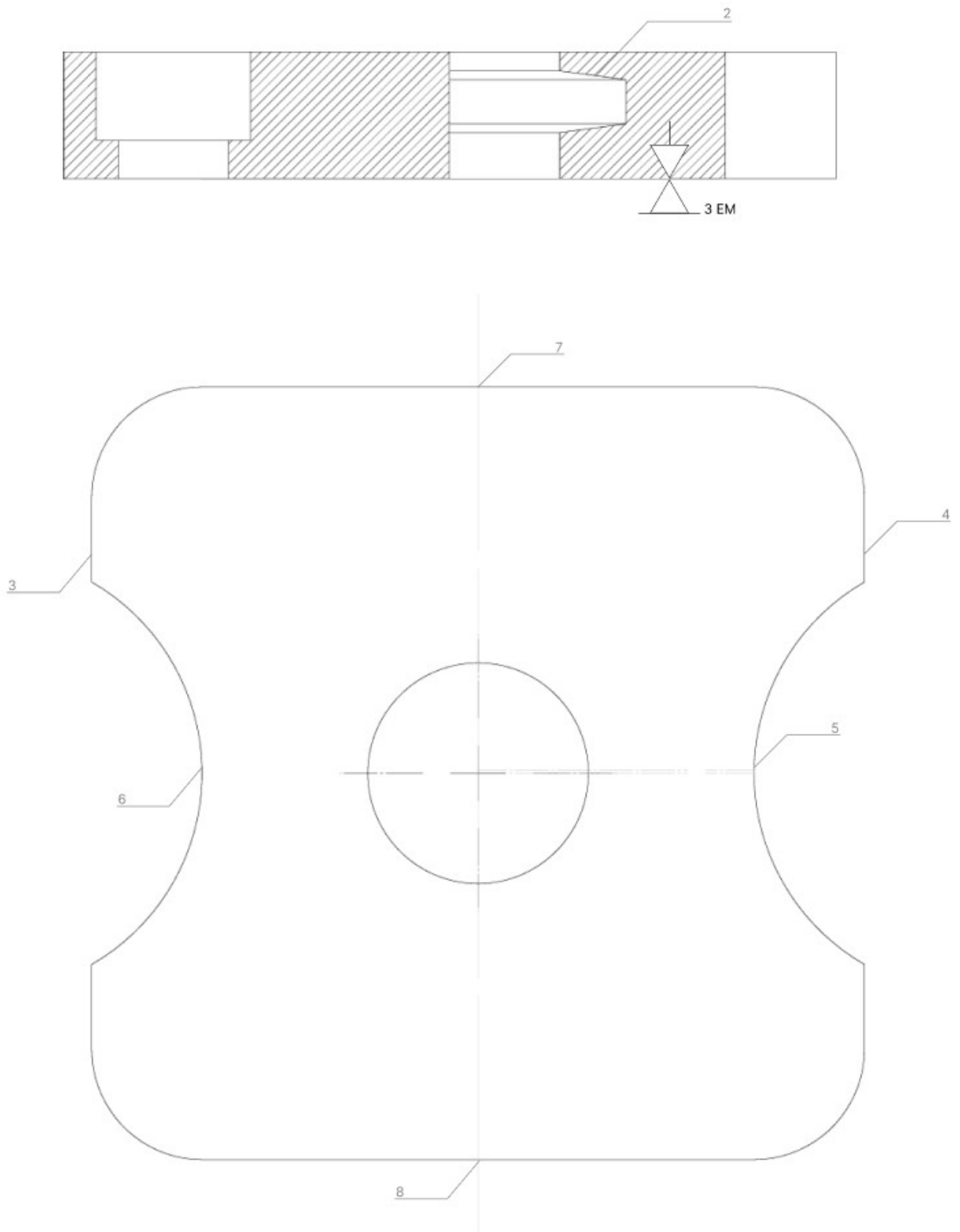


Рис 1.4-Схема базування на операцію 020

Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

МР.ПМКМ-17.00.00.000 ПЗ

Арк.
12

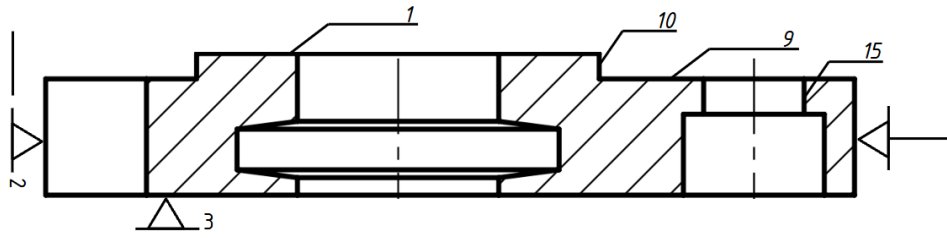


Рис 1.5-Схема базування на операцію 030

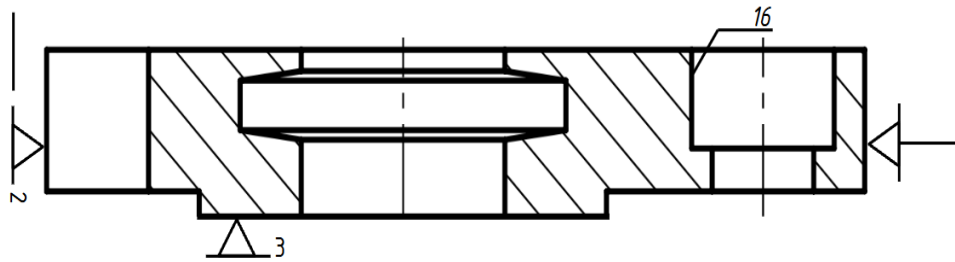


Рис 1.6-Схема базування на операцію 040

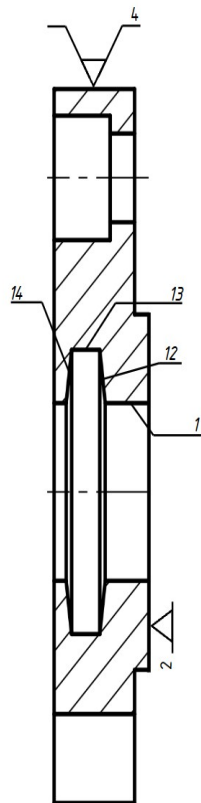


Рис 1.7-Схема базування на операцію 050

Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

МР.ПМКМ-17.00.00.000 ПЗ

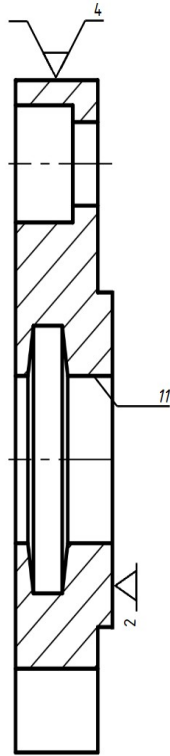


Рис 1.8-Схема базування на операцію 060

Створення 3D моделі деталі «Кришка 00.000.06.03.03.02»

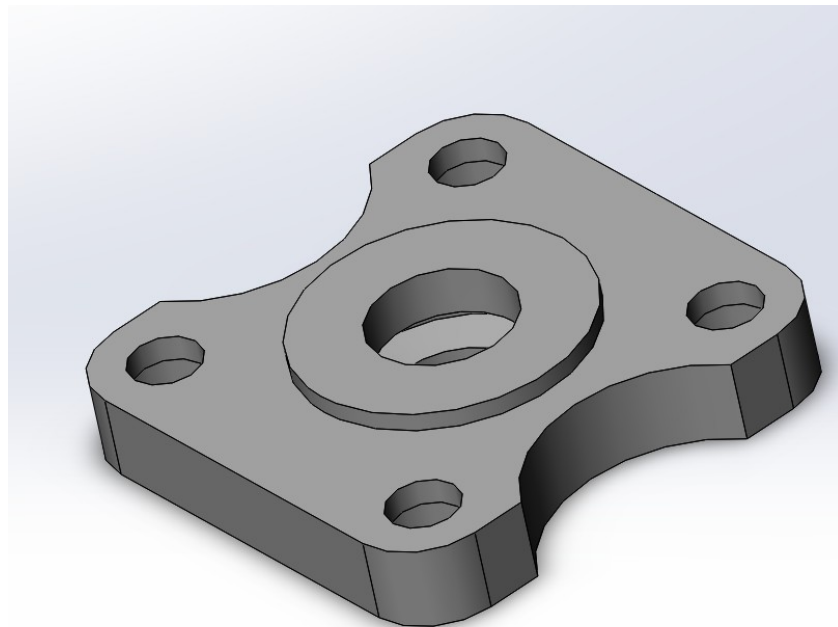


Рис. 1.9 — 3D Модель деталі «Кришка»

					МР.ПМКМ-17.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		14

2. Конструкторська частина

2.1 Опис конструкції і призначення пристрою

Для закріплення деталі на операції 030 на верстаті з ЧПК HAAS VM-2 пропоную використати лещата фірми Roehm RBAW 748-10 - High precision strength adjuster RBAW

Верстатні лещата з бічним кріпленням застосовуються на фрезерних верстатах та обробних центрах, до 50 кН

Силові затискачі з ЧПК можуть кріпитися горизонтально, вертикально та збоку. Вони керуються вручну і мають механічно-гідравлічну систему затискача з передачею зусилля.

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

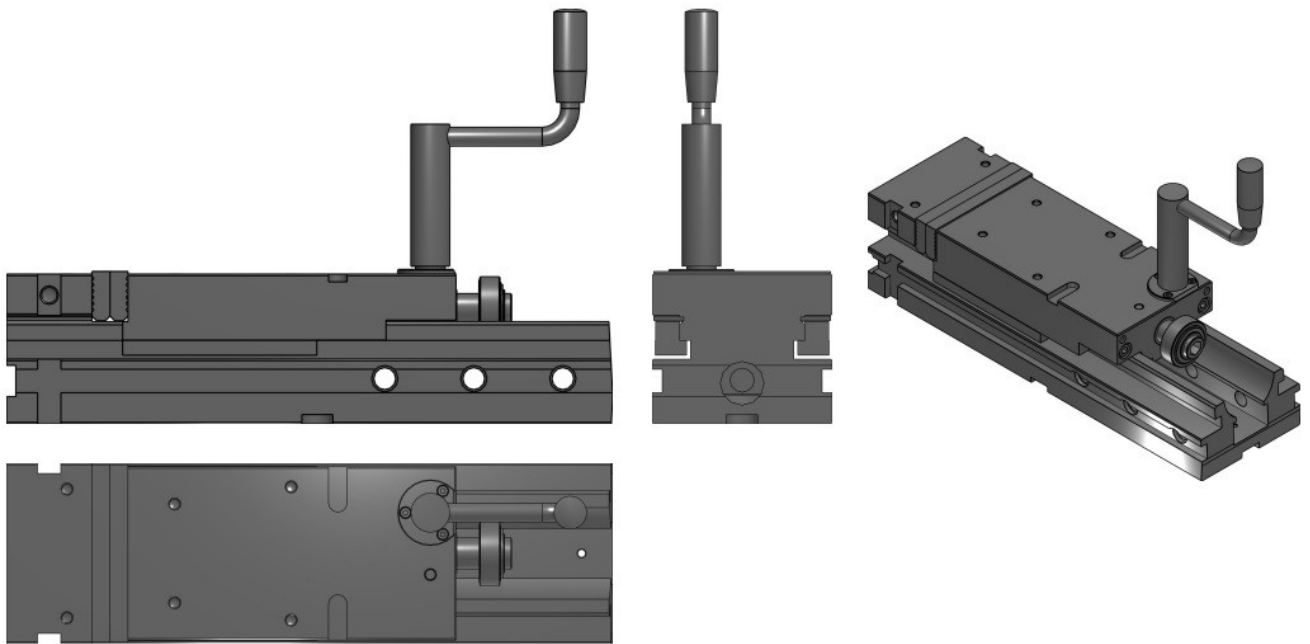


Рис. 2.1. 3D модель лещат RBAW 748-10

Лещата 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-17.00.00.000 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

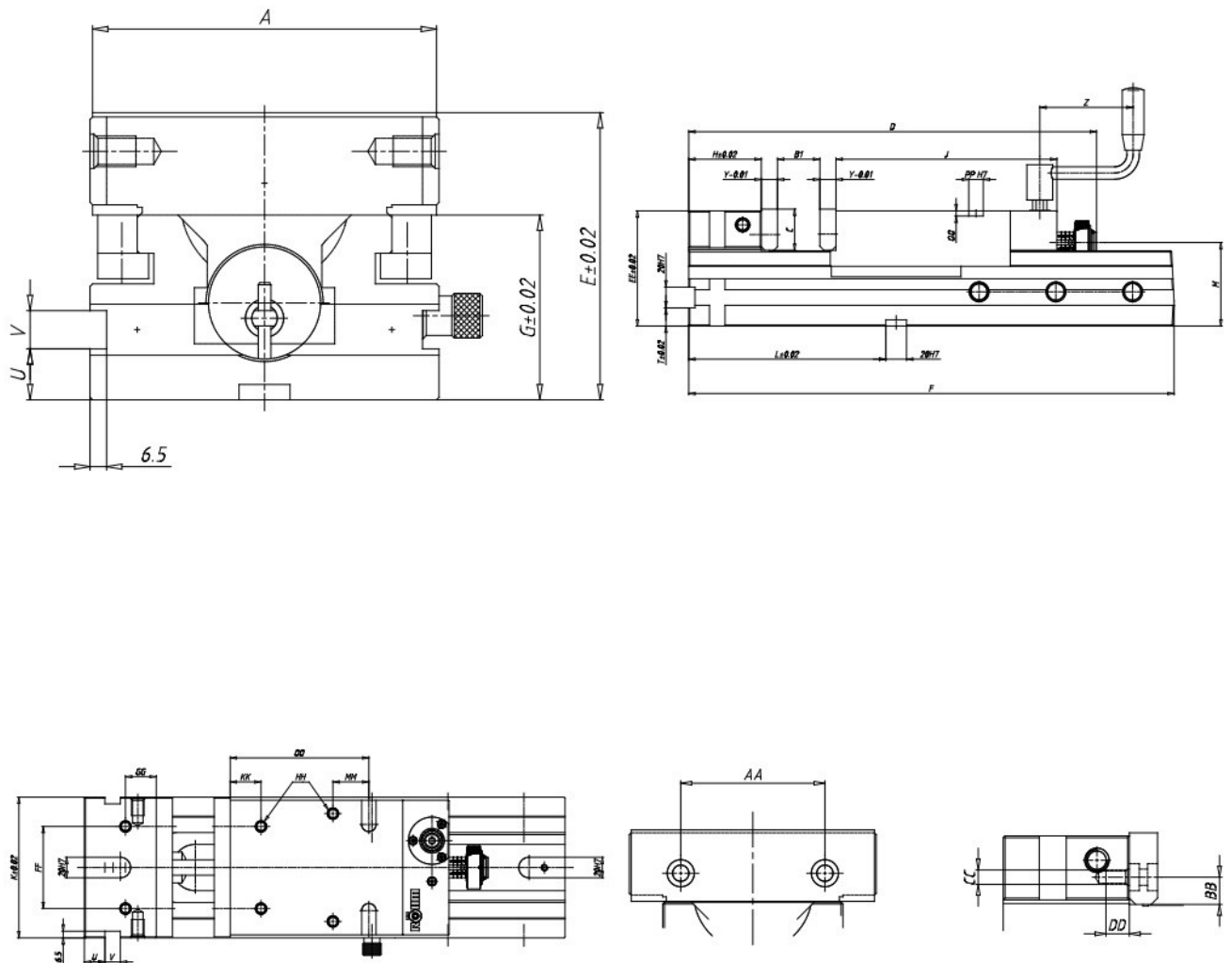


Рис. 2.2. 2D креслення лещат RBAW 748-10

Фізичні характеристики:

Сталевий корпус з нерухомою затискною губкою, кований.

Автоматичне затискання в гідравлічному блоці за допомогою вбудованих дискових пружин. Усі зношені деталі, особливо напрямні губок, загартовані та відшліфовані. Надійна пласка траєкторія направляючої рухомої щелепи з нормальними щелепами та рукояткою.

Область застосування= Для універсального використання на фрезерних верстатах і обробних центрах.

Горизонтальний, вертикальний і бічний затискач з регулюванням висоти $\pm 0,02$.

Міцний шпиндель, що не вимагає обслуговування.

До поверхні нерухомої та рухомої губок можуть кріпитися додаткові ступінчасті

					MP.ПМКМ-17.00.00.000 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

губки або губки спеціальної форми

Шпиндель приводу захищений від бруду та стружки

Великий діапазон затиску

Коротка версія рухомої губки (зроблена зі сталі) забезпечує коротку проектну довжину навіть для макс. ширина затиску

З кутовим приводом

Табл 2.1 Технічні характеристики та розміри лещат RBAW 748-10

IDNR (Ident.-Nr.)	154763
A (Jaw width / mm)	113
B1 (Clamping capacity / mm)	0
FGES (Max. clamping force / kN)	30
MASSE (Weight / kg)	22
BA (Instruction manual)	PDF-Anhang
C (Jaw height / mm)	31.6
DMAX (Total length / mm)	500
E (/ mm)	97.7
F (/ mm)	390
G (/ mm)	65.5
H (/ mm)	55
J (/ mm)	211
K (/ mm)	115
L (/ mm)	190
M (/ mm)	73.5
T (/ mm)	17.5
U (/ mm)	20
V (/ mm)	15
X (/ mm)	6.5
Y (/ mm)	11.6
Z (/ mm)	90
AA (/ mm)	63
BB (/ mm)	13.6
CC (Thread)	M6
DD (/ mm)	12
EE (/ mm)	96
FF (/ mm)	82
GG (/ mm)	16
HH (Thread)	M8 x 14
II (/ mm)	63
KK (/ mm)	30
LL (/ mm)	85
MM (/ mm)	30
NN (/ mm)	52
OO (/ mm)	135

2.2 Розрахунок сили затиску

Вихідні дані:

Деталь: Кришка 00.000.06.03.03.02.

Матеріал деталі: Сталь 45 (ДСТУ 2651:2005), твердість HB = 207.

Інструмент: Фреза торцева 490-040A32-08H з пластиною 490R-08T316M-РН 4330.

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:

$C_v=62$,

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

$T=25$ хв (стійкість інструменту),

Експоненти: $m=0.2$, $x=0.5$, $y=0.2$, $u=0.3$, $p=0.3$, $q=0.7$.

Підставляємо:

$$v = \frac{62 \cdot 40^{0.7}}{25^{0.2} \cdot 1.5^{0.5} \cdot 0.2^{0.2} \cdot 20^{0.3} \cdot 6^{0.3}} \cdot 0.552 \approx 22.18 \text{ м/хв}$$

Частота обертання:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 22.18}{3.14 \cdot 40} \approx 353 \text{ об/хв}$$

Коригуємо до паспортних даних верстата HAAS VM-2: $n=400$ об/хв.

					MP.ПМКМ-17.00.00.000 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Сила різання Pz:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp} \quad \text{де:}$$

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

$K_{mp}=(190/HV)^{0.55}=0.95$.

Підставляємо:

$$P_z = \frac{10 \cdot 25 \cdot 1.5^{0.8} \cdot 0.2^{0.6} \cdot 20^{1.0}}{40^{0.8} \cdot 400^0} \cdot 0.95 \approx 1056 \text{ Н}$$

Крутний момент Mp:

$$M_p = P_z \cdot R = 1056 \cdot 0.02 = 21.12$$

де $R=D/2=20\text{мм}=0.02\text{м}$.

Коефіцієнт запасу k:

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

Приймаємо $k=2.5$.

Розрахунок сили затиску W:

Рівняння рівноваги для лещат Roehm RBAW 748-10 (кут призми $\alpha=90^\circ$, $f=0.16$):

$$k \cdot M_p = 4 \cdot \frac{W \cdot f \cdot R}{2 \cdot \sin(\alpha/2)}$$

Підставляємо:

$$2.5 \cdot 21.12 = 4 \cdot \frac{W \cdot 0.16 \cdot 0.02}{2 \cdot \sin(45^\circ)}$$

$$52.8 = 4 \cdot \frac{W \cdot 0.0032}{1.414} \implies W = \frac{52.8 \cdot 1.414}{4 \cdot 0.0032} \approx 5840 \text{ Н}$$

					MP.ПМКМ-17.00.00.000 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

3. Вибір засобів технологічного оснащення

3.1 Опис верстатів

Верстат вертикально-фрезерний HAAS VM-2

VM-2 – це високопродуктивні ВМС, 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-2

Робочий стіл:

Поверхня столу X x Y 762x508 мм

Розмір T-образної канавки 16 мм x 3

Максимальна вага на столі 1361 кг

Відстань між канавками 111 мм

Відстань від столу до торця шпинделя 102-610 мм

Шпиндель:

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

Швидкість подачі:

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:

					MP.ПМКМ-17.00.00.000 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Кількість інструменту 30 + 1

Метод підбору інструменту Випадковим чином

Максимальний діаметр інструмента 64 мм

Максимальна довжина інструмента 279 мм

Максимальна вага інструменту 5,4 кг

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

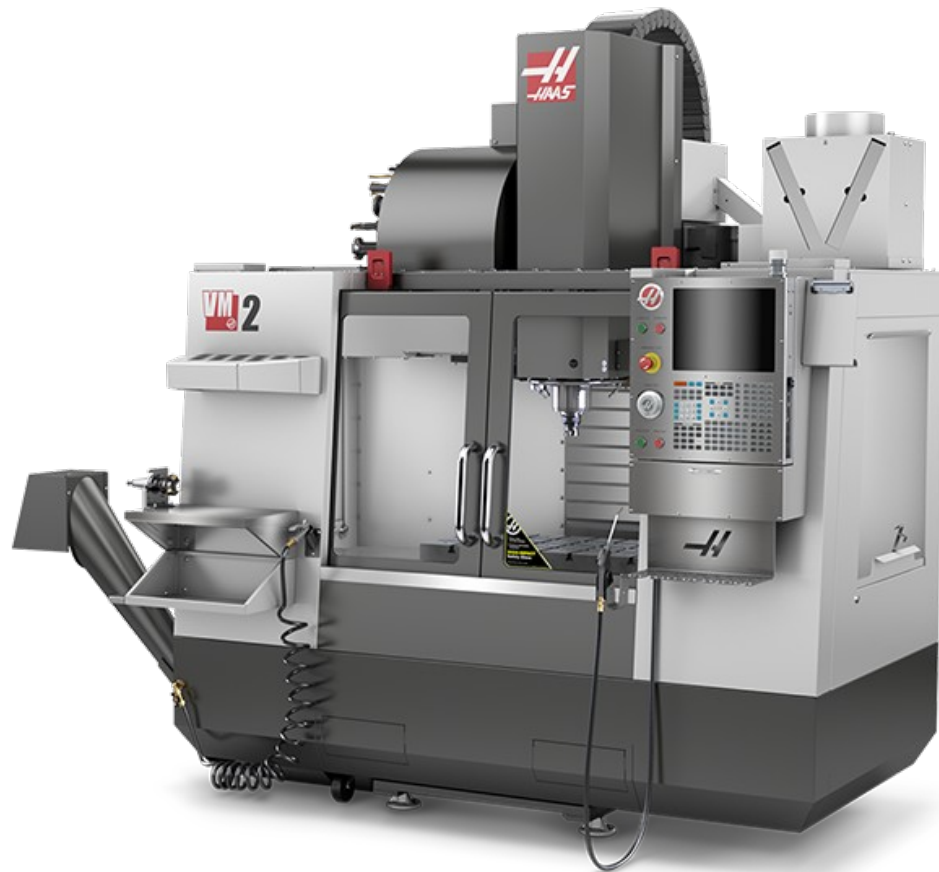


Рисунок 3.1 – вертикально фрезерний верстат HAAS VM-2

					MP.ПМКМ-17.00.00.000 ПЗ	Арк.
						21
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-17.00.00.000 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		



Рисунок 3.2 – токарний верстат Gildemeister NEF 400-ID

Круглошліфувальний верстат Bernardo URS 500 N

Bernardo URS 500 N – це високоточний круглошліфувальний верстат, призначений для зовнішнього та внутрішнього шліфування деталей циліндричної форми. Він забезпечує високу точність, жорсткість і термічну стабільність, необхідні для роботи в інструментальному виробництві, машинобудуванні та інших галузях високоточної промисловості.

Верстат оснащений міцною чавунною станинною конструкцією, яка поглинає вібрації та забезпечує стабільність під час обробки. Прецизійні напрямні забезпечують плавність руху, а шпиндель із високоточними підшипниками гарантує якість шліфування. Стандартні функції включають цифровий дисплей

					МР.ПМКМ-17.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		23

для контролю параметрів, автоматичну систему подачі, програмовану систему охолодження, механізм швидкого налаштування та багато іншого.

Технічні характеристики круглошліфувального верстата Bernardo URS 500 N

Відстань між центрами: 500 мм

Висота центру: 135 мм

Поздовжнє переміщення столу: 600 мм

Вага: 2170 кг

Габарити: 2150 x 1450 x 1700 мм

Максимальна вага заготовки: 60 кг

Діаметр зовнішнього шліфування: 8-200 мм

Діаметр внутрішнього шліфування: 13 - 100 мм

Макс.глибина внутрішнього шліфування: 125 мм

Швидкість переміщення столу: Від 0,1 до 4 м / хв

Переміщення столу вручну: 6 мм/об

Швидкість обертання шпинделя: 25 - 220 об / хв

Діапазон повороту передньої бабки: 90 °

Шліф.коло — зовнішній:400 x 50 x 203 мм

Швидкість обертання шліфувального шпинделя (зовнішній):1670 об / хв

Швидкість обертання шліфувального шпинделя (внутрішній):20000 об / хв

Діапазон повороту шліфів. шпиндельної бабки +/- 30 °

Хід шліфувальної головки:200 мм

Ділення шкали:0,005 мм

Хід пінолі задньої бабки:35 мм

Потужність двигуна шліфів.: 4,0 кВт

Потужність двигуна внутр. шліфування: 0,75 кВт

					MP.ПМКМ-17.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		24



Рисунок 3.2 – круглошліфувальний верстат Bernardo URS 500 N

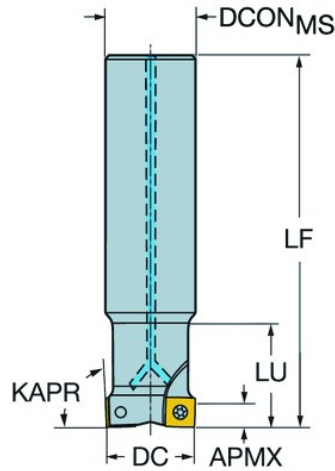
3.2 Вибір різального інструменту

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-17.00.00.000 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

3.2.1. Фреза торцова 490-040A32-08H



Технічні характеристики

Кут ріжучої кромки інструменту (KAPR)	90 °
Діаметр різання (DC)	40 мм
Кількість елементів для різання (CICT_1)	6
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 кромки (ZEFP)	6
Підключення на стороні машини (ADINTMS)	Циліндричний хвостовик без затискних елементів (без фланця) - метрика: 32,0
Рука (HAND)	правильно
Стиль входу охолоджуючої рідини (CNSC)	осьовий концентричний вхід
Тиск охолоджуючої рідини (CP)	10 бар
Діаметр підключення на стороні машини (DCONMS)	32 мм
Функціональна довжина (LF)	170 мм
Радіальний передній кут (GAMF)	19,9 °
Осьовий передній кут (GAMP)	15 °
Крутний момент (TQ)	1,2 Нм

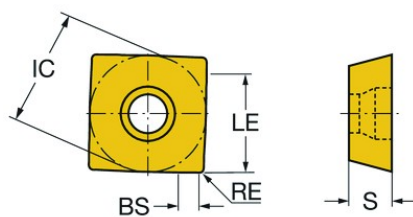
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

MP.ПМКМ-17.00.00.000 ПЗ

Арк.

26

3.2.2. Вставка для фрезерування 490R-08T316M-PH 4330



Технічні характеристики

Матеріал(и) заготовки (TMC1ISO)	П К
Стружколом (CBMD)	PH
Тип операції (CTPT)	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 пропилу (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)	4330

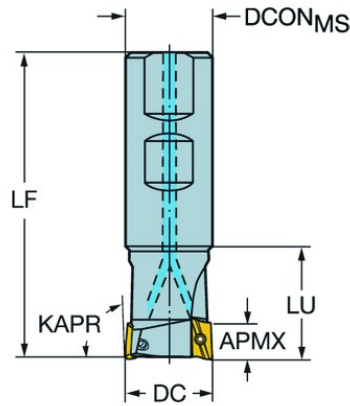
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

MP.ПМКМ-17.00.00.000 ПЗ

Арк.

27

3.2.3. Фреза циліндрична RA390-038M32-17H



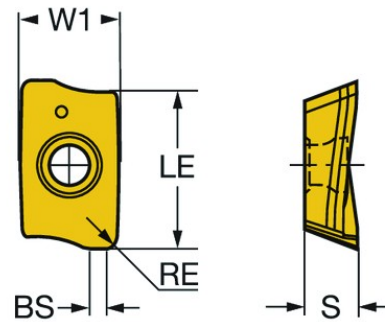
Технічні характеристики

Кут ріжучої кромки інструменту (KAPR)	90 °
Діаметр різання (DC)	38,1 мм
Кількість елементів для різання (CICT_1)	4
Код типу затиску (MTP)	затискач з гвинтовим отвором
Частина 2 ідентифікаторів інтерфейсу нарізних елементів (CUTINT_MASTER_1)	CoroMill 390 - розмір 17 (R390-17)
Максимальна глибина пропилу (APMX)	15,6972 мм
Максимальний коефіцієнт робочого зачеплення (AERMx)	1
Максимальний кут нахилу (RMPX)	4,1 °
Максимальна глибина занурення (AZ)	1,5 мм
Диференціал кроку різання (CPDF)	так
Периферійна ефективна кількість ріжучих кромки (ZEFP)	4
Підключення на стороні машини (ADINTMS)	Weldon (DIN6535-HB) - дюйм: 1 1/4
Рука (HAND)	правильно
Стиль входу охолоджуючої рідини (CNSC)	осьовий концентричний вхід
Тиск охолоджуючої рідини (CP)	10 бар
Діаметр підключення на стороні машини (DCONMS)	31,75 мм
Допуск на діаметр з'єднання (TCDCON)	h6
Стандартний номер (STDNO)	ISO3338-2
Стандартний лист (STDLET)	MI

Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

MP.ПМКМ-17.00.00.000 ПЗ

3.2.4. Вставка для фрезерування R390-17 04 16M-PH 4330



Технічні характеристики

Матеріал(и) заготовки (TMC1ISO)	П К
Стружколом (CBMD)	PH
Тип операції (CTPT)	важкий
Вставте код типу монтажу (IFS)	Частково циліндрична, зенкерування 40-60 градусів з одного або двох сторін
Діаметр кріпильного отвору (D1)	4,1 мм
Вставте розмір і форму (CUTINT_SIZESHAPE)	CoroMill 390 -1704
Передовий підрахунок (CEDC)	2 Q
Ширина вставки (W1)	9,6 мм
Вставте код форми (SC)	Прямокутний
Ефективна довжина ріжучої кромки (LE)	15,7 мм
Максимальна глибина пропилу (APMX)	15,7 мм
Довжина краю склоочисника (BS)	1,5 мм
Радіус кута (RE)	1,6 мм
Головний кут ріжучої кромки (KRINS)	90 °
Ширина торця (BN)	0,3 мм
Кут нахилу (GB)	12 °
Передній кут вставки (GAN)	10 °
Рука (HAND)	правильно
Оцінка (GRADE)	4330

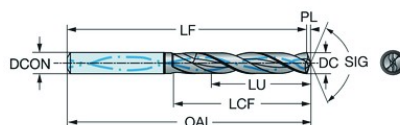
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

MP.ПМКМ-17.00.00.000 ПЗ

Арк.

29

3.2.5. 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) інформація	10 мм
Корисна довжина (LU)	31 мм
Досяжний допуск на отвір (TCHN)	H8
Коефіцієнт корисного діаметра довжини (ULDR)	3.1
Ортогональний передній кут (GAMO)	20,45 °
Підрахунок ефективних різальних країв (ZEFF)	2
Підключення на стороні машини (ADINTMS)	Циліндричний хвостовик (DIN6535-HA) - 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 (CNSC)	осьовий концентричний запис на колі
Кут точки (SIG)	147 °
Довжина точки (PL)	1,4811 мм
Загальна довжина (OAL)	89 мм

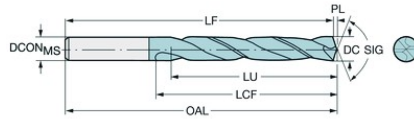
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

MP.ПМКМ-17.00.00.000 ПЗ

Арк.

30

3.2.6. Розвіртка 435.B-1400-A1-XF H10F



Технічні характеристики

Класифікація матеріалів, рівень 1 (TMC1ISO)	П К ПН
Діаметр різання (DC)	13,5 мм
Максимальний діаметр обробки верстата (DCONMS)	14 мм
Корисна довжина (LU)	42,47 мм
Досяжний допуск отвору (АНТ)	H9
Коефіцієнт корисної довжини та діаметра (ULDR)	3,1459
Ортогональний кут нахилу (GAMO)	19,81°
Ефективна кількість передніх країв (ZEFF)	2
Адреса машини в адаптерному з'єднанні (ADINTMS)	Циліндричний хвостовик (DIN6535-NA) - метричний: 14
Допуск діаметра з'єднання (TCDCON)	h6
Якість (GRADE)	X25M
Субстрат (СУБСТРАТ)	Головний уповноважений
Покриття	PVD TiAlCrSiN
Базова стандартна група (BSG)	DIN 6537 K
Позначення стружколома (CBMD)	XM
Код типу входу холодоагенту (CNSC)	без подачі охолоджувальної рідини
Тиск холодоагенту (CP)	20 бар
Кут точки (ГІС)	140°
Довжина наконечника (PL)	2,4568 мм
Загальна довжина (OAL)	107 мм
Функціональна довжина (ФД)	105,035 мм
Довжина заглиблення стружки (CFL)	60 мм
Максимальна швидкість обертання (RPMX)	9432 1/хв
Вага товару (вага)	0,184 кг
Дата випуску (ValFrom20)	18/1/25
Ідентифікатор пакета випуску	25.1

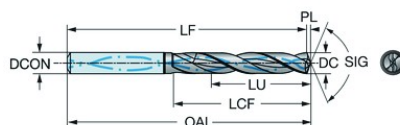
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

MP.ПМКМ-17.00.00.000 ПЗ

Арк.

31

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



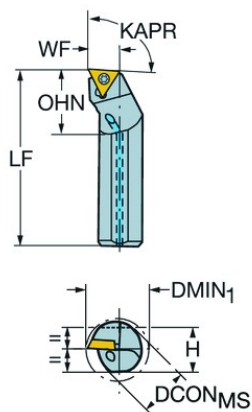
Технічні характеристики

Матеріал(и) заготовки (TMC1ISO)	П
Діаметр різання (DC)	20 мм
Діаметр підключення на стороні машини (DCONMS)	20 мм
Корисна довжина (LU)	55 мм
Досяжний допуск на отвір (TCHA)	H8
Коефіцієнт корисного діаметра довжини (ULDR)	2.75
Ортогональний передній кут (GAMO)	20,58 ° Q
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-17.00.00.000 ПЗ

3.2.8. Різець A12M-STFCR 11



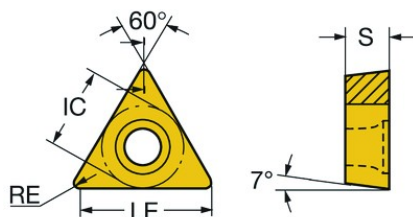
Технічні характеристики

Кут ріжучої кромки інструменту (KAPR_1)	91 °
Кут випередження (PSIR)	-1 °
Код типу затиску (MTP)	затискач з гвинтовим отвором
Тип вставки (CUTINT_MASTER)	TCMT 110204
Підключення на стороні машини (ADINTMS)	Циліндричний хвостовик з 3 плоскими метричними розмірами: 12
Максимальний кут нахилу (RMPX) інформація	0 °
Мінімальний діаметр отвору (DMIN_1)	16 мм
Кут сторони заготовки (BAWS)	0 °
Кут сторони машини (BAMS)	0 °
Мінімальний звис (OHN)	18 мм
Максимальний звис (OHX)	48 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)	12 мм
Висота хвостовика (H)	11 мм
Функціональна довжина (LF)	150 мм
Функціональна ширина (WF)	9 мм

Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

MP.ПМКМ-17.00.00.000 ПЗ

3.2.9. Вставка для точіння TCMT 11 02 08-UM 4335



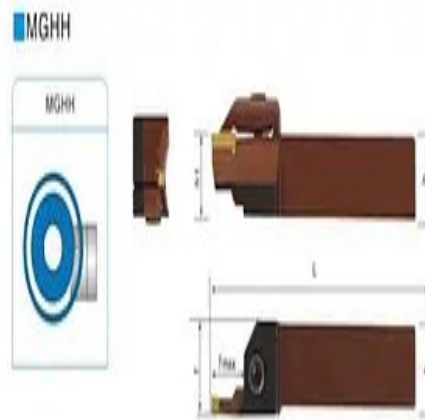
Технічні характеристики

Матеріал(и) заготовки (TMC1ISO)	П М
Стружколом (CBMD)	UM
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)	2,8 мм
Вставте розмір і форму (CUTINT_SIZESHAPE)	TC1102
Передовий підрахунок (CEDC)	3
Діаметр вписаного кола (IC)	6,35 мм
Вставте код форми (SC)	Трикутний Q
Ефективна довжина ріжучої кромки (LE)	9,94 мм
Радіус кута (RE)	0,7938 мм
Рука (HAND)	Нейтральний
Оцінка (GRADE)	4335
Підкладка (SUBSTRATE)	HC
Покриття (COATING)	CVD TiCN+Al2O3+TiN
Товщина вставки (S)	2,3813 мм
Великий зазоровий кут (AN)	7 °
Вага предмета (WT)	0,0007 кг
Вставити сидіння (SSC_M)	11

Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

MP.ПМКМ-17.00.00.000 ПЗ

3.2.10. Різець канавковий MGHN320R 36/48



Технічні характеристики

Основні	
Країна виробник	Китай
Тип комплектуючого	Державка
Довжина	125 мм
Ширина	20 мм
Висота	20 мм
Кількість в упаковці	1 шт.
Стан	Новий
Обробка матеріалу	Метал
Користувальницькі характеристики	
Тип токарного різця загального призначення	для обробки канавок
Використовується пластина	MGMN300
Тип токарної обробки	Обробка торцевих канавок
Напрямок подачі	Правобічна
Оброблюваний діаметр (мм)	100-140
Максимальна глибина різання (мм)	23

					MP.ПМКм-17.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		35

3.2.11. Головка шліфувальна на оправці 8x10x6 14A/34A F60



Технічні характеристики

Основні

Зернистість	P25 / F60
Матеріал	Корунд
Марка матеріалу	14A / 34A
Твердість	СТ1

Розміри

Діаметр	8 мм
Довжина робочої частини	1 мм
Діаметр хвостовика	6 мм

					MP.ПМКМ-17.00.00.000 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

4. Моделювання деталі «Кришка»

4.1 Формування кошика інструментів необхідних для обробки поверхонь деталі

Фреза торцова 490-040A32-08H, вставка для фрезерування 490R-08T316M-PH 4330, фреза циліндрична RA390-038M32-17H, вставка для фрезерування R390-17 04 16M-PH 4330, свердло 860.1-1000-031A1-PM P1BM, розвіртка 435.B-1400-A1-XF H10F, свердло 860.1-2000-055A1-PM P1BM, різець A12M-STFCR 11, вставка для точіння TCMT 11 02 08-UM 4335, різець канавковий MGHN320R 36/48, Головка шліфувальна абразивна циліндрична 20x32x6 25A F60.

4.2 Створення керуючої програми обробки на операцію 020.

Створення заготовки на обробку деталі «Кришка» на операцію 020 в середовищі SolidWorks

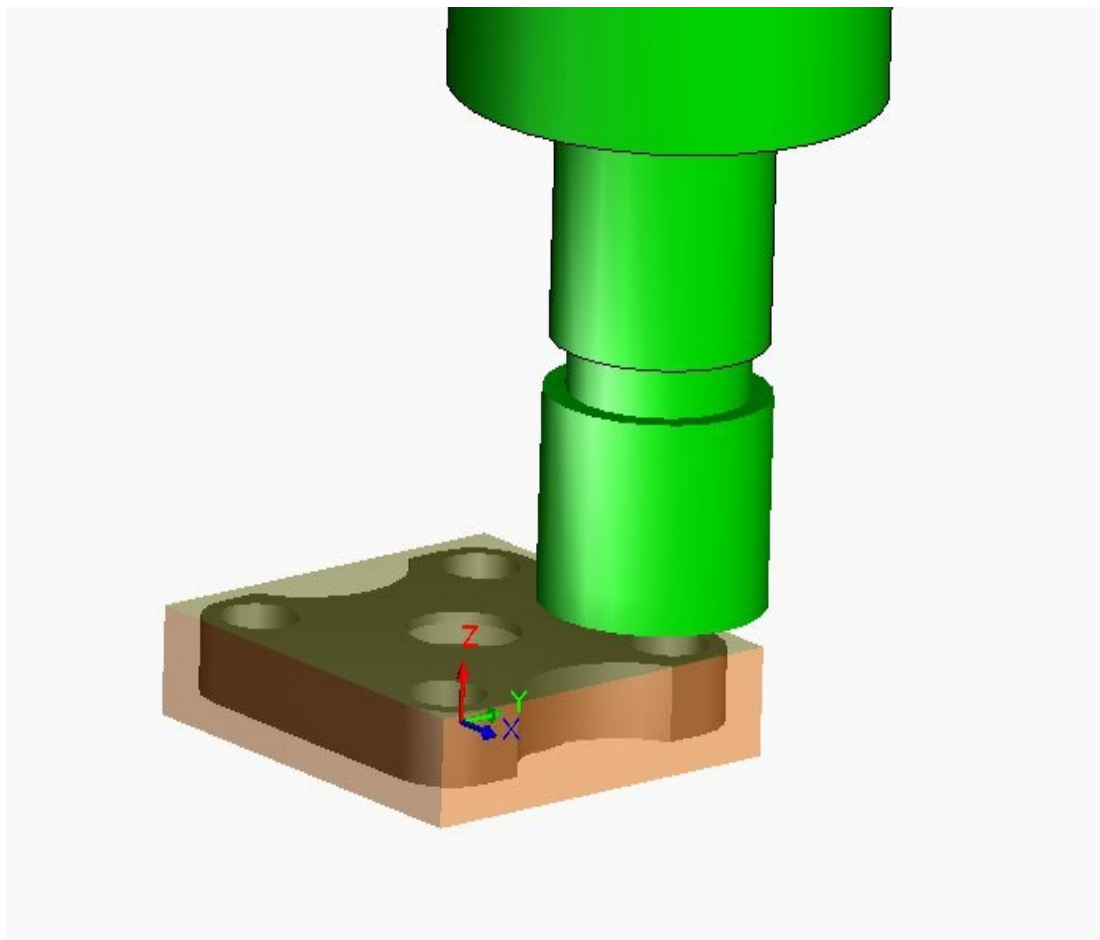


Рис. 4.1 Заготовка на операцію 020

					MP.ПМКМ-17.00.00.000 ПЗ	Арк.
						37
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 G21
N2 G91 G28 X0 Y0 Z0
N3 (Face Mill1)
N4 (40MM 5FL FACE MILL)
N5 T12 M06
N6 S4062 M03
N7 G90 G54 G00 X-79. Y26.
N8 G43 Z1.5 H12 M08
N9 G17 G01 X-37. F7708.577
N10 X37. F10278.103
N11 X79. F7708.577
N12 G00 Z2.
N13 X-79. Y0
N14 Z1.5
N15 G01 X-37.
N16 X37. F10278.103
N17 X79. F7708.577
N18 G00 Z2.
N19 X-79. Y-26.
N20 Z1.5
N21 G01 X-37.
N22 X37. F10278.103
N23 X79. F7708.577
N24 G00 Z2.
N25 X-79. Y26.
N26 Z1.009
N27 G01 X-37.
N28 X37. F10278.103
N29 X79. F7708.577
N30 G00 Z2.
N31 X-79. Y0
N32 Z1.009
N33 G01 X-37.
N34 X37. F10278.103
N35 X79. F7708.577
N36 G00 Z2.
N37 X-79. Y-26.
N38 Z1.009
N39 G01 X-37.

					MP.ПМКМ-17.00.00.000 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

N40 X37. F10278.103
N41 X79. F7708.577
N42 G00 Z2.
N43 X-79. Y26.
N44 Z.517
N45 G01 X-37.
N46 X37. F10278.103
N47 X79. F7708.577
N48 G00 Z2.
N49 X-79. Y0
N50 Z.517
N51 G01 X-37.
N52 X37. F10278.103
N53 X79. F7708.577

					MP.ПМКМ-17.00.00.000 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

4.3 Створення керуючої програми обробки на операцію 030.

Створення заготовки на обробку деталі «Кришка» на операцію 030 в середовищі SolidWorks

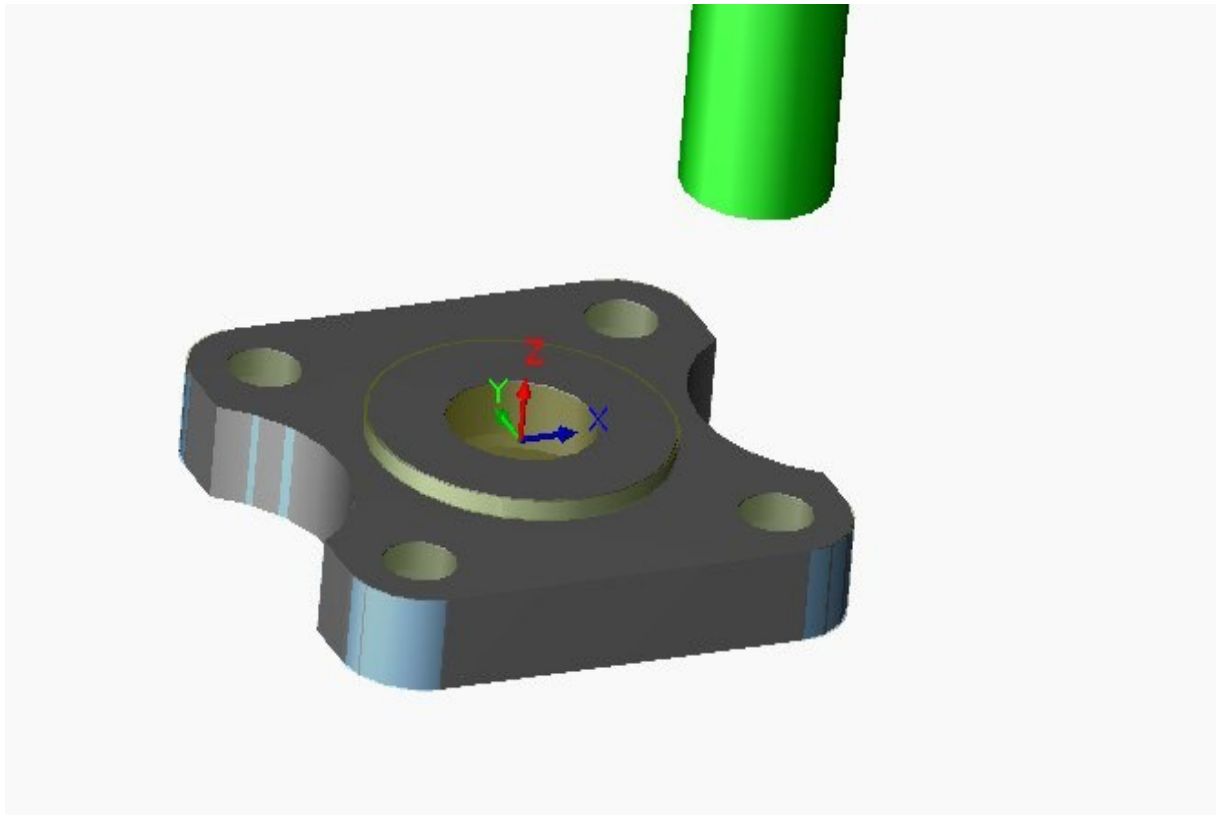


Рис 4.2 Заготовка на операцію 030

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

Керуюча програма обробки операції 030, наведена нижче:

```
O0001
N1 G21
N2 G91 G28 X0 Y0 Z0
N3 ( Face Mill4 )
N4 (40MM 5FL FACE MILL)
N5 T12 M06
N6 S4062 M03
N7 G90 G54 G00 X-79. Y26.
N8 G43 Z7.5 H12 M08
N9 G01 Z3.5 F125.
N10 G17 X-37. F7708.577
N11 X37. F10278.103
N12 X79. F7708.577
```

					MP.ПМКМ-17.00.00.000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

N13 G00 Z7.5
N14 X-79. Y0
N15 G01 Z3.5 F125.
N16 X-37. F7708.577
N17 X37. F10278.103
N18 X79. F7708.577
N19 G00 Z7.5
N20 X-79. Y-26.
N21 G01 Z3.5 F125.
N22 X-37. F7708.577
N23 X37. F10278.103
N24 X79. F7708.577
N25 G00 Z7.5
N26 X-79. Y26.
N27 Z6.5
N28 G01 Z2.5 F125.
N29 X-37. F7708.577
N30 X37. F10278.103
N31 X79. F7708.577
N32 G00 Z7.5
N33 X-79. Y0
N34 Z6.5
N35 G01 Z2.5 F125.
N36 X-37. F7708.577

					<i>MP.ПМКМ-17.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		41

4.4 Створення керуючої програми обробки на операцію 040.

Створення заготовки на обробку деталі «Кришка» на операцію 040 в середовищі SolidWorks

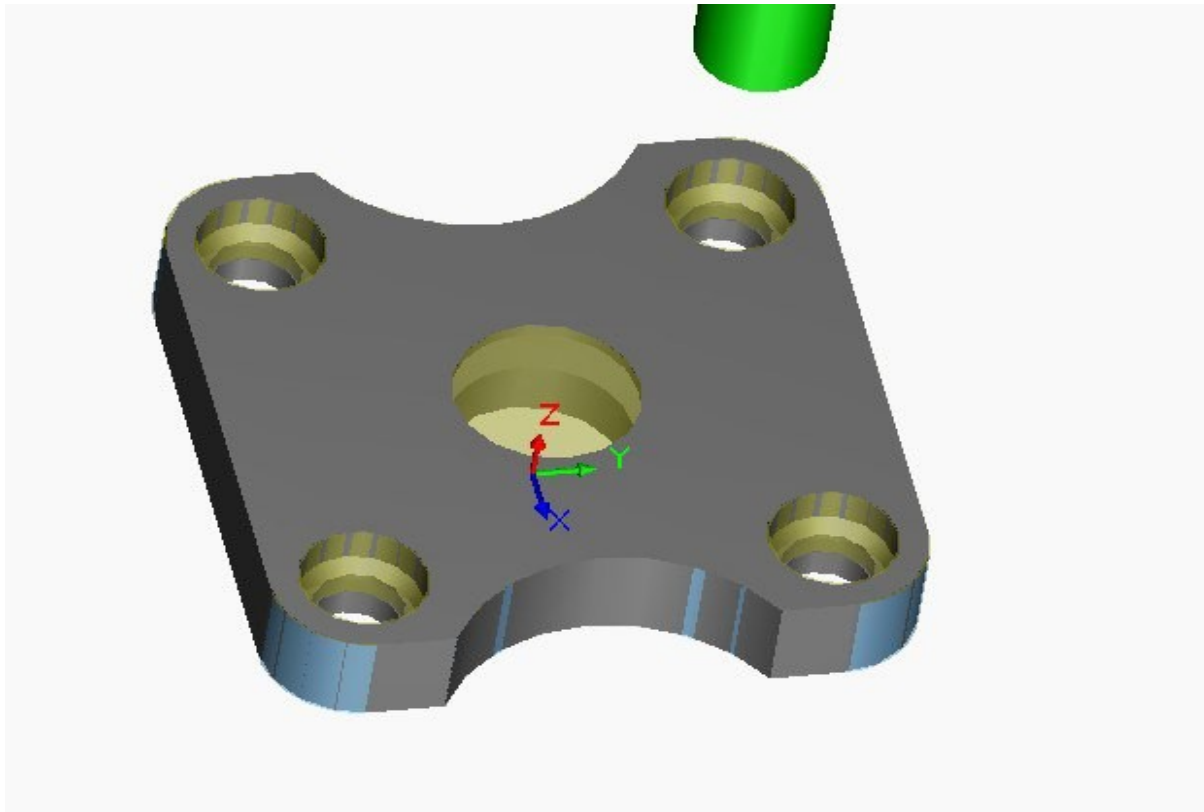


Рис 4.3 Заготовка на операцію 040

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 (Drill2)

N4 (13.5mm JOBBER DRILL)

N5 T02 M06

N6 S7043 M03

N7 G90 G54 G00 X-25. Y25.

N8 G43 Z41. H02 M08

					MP.ПМКМ-17.00.00.000 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

N9 G98 G83 Z6. Q2. R17. F948.128

N10 Y-25.

N11 X25.

N12 Y25.

N13 G80 Z41. M09

N14 G91 G28 Z0

N15 (Ream1)

N16 (14.0mm CRB REAMER)

N17 T03 M06

N18 S1718 M03

N19 G90 G54 G00 X-25. Y25.

N20 G43 Z41. H03 M08

N21 G98 G85 Z6. R17. F371.058

N22 Y-25.

N23 X25.

N24 Y25.

N25 G80 Z41. M09

N26 G91 G28 Z0

N27 G28 X0 Y0

N28 M30

					<i>MP.ПМКМ-17.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		43

4.5 Створення керуючої програми обробки на операцію 050.

Створення заготовки на обробку деталі «Кришка» на операцію 050 в середовищі SolidWorks

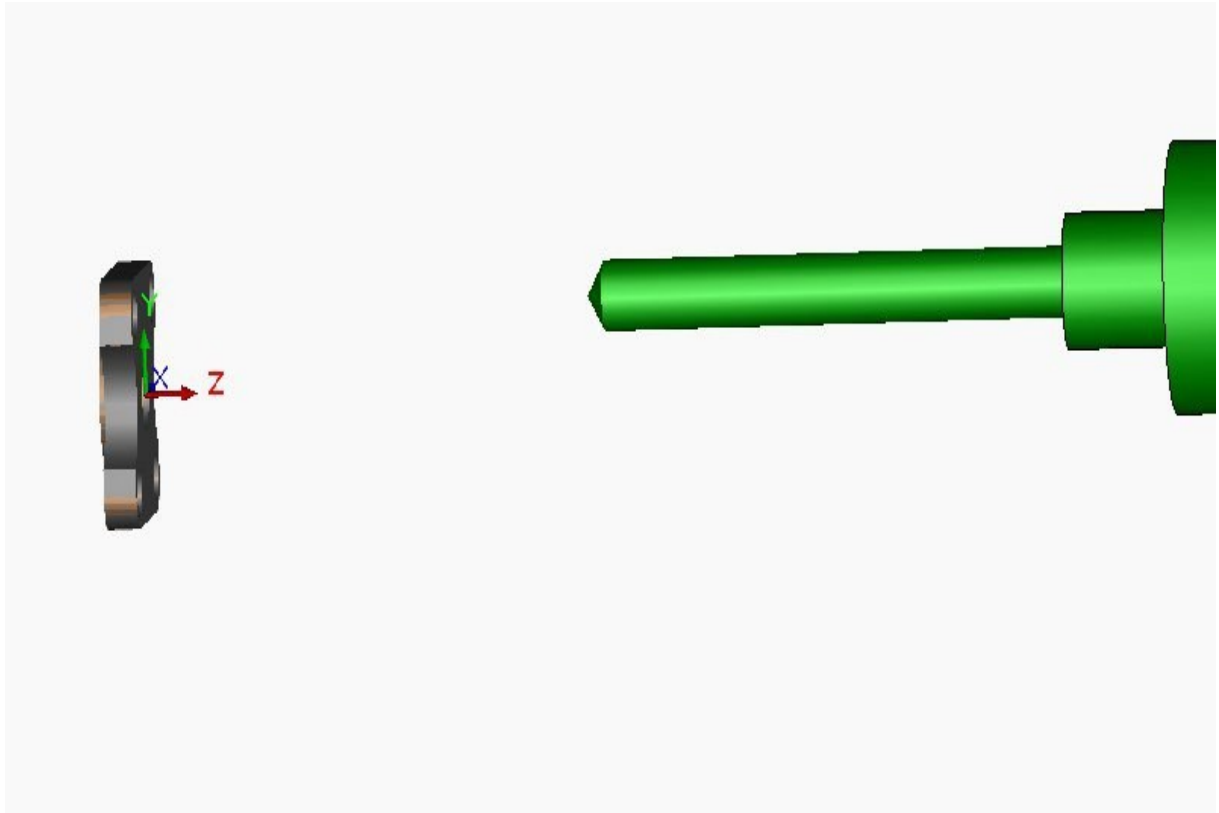


Рис 4.4 Заготовка на операцію 050

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

Керуюча програма обробки операції 050, наведена нижче:

O0001

N1 (20.0mm JOBBER DRILL)

N2 T0505

N3 B0

N4 G00 G97 S4928 M03

N5 (Drill1)

N6 G54 G00 Z3. M08

N7 X0

N8 G98 G01 Z-5. F751.1

					MP.ПМКМ-17.00.00.000 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

N9 G00 Z3.
 N10 Z-2.
 N11 G01 Z-10.
 N12 G00 Z3.
 N13 Z-7.
 N14 G01 Z-15.
 N15 G00 Z3.
 N16 Z-12.
 N17 G01 Z-20.
 N18 G00 Z3.
 N19 X508. Z127. M09
 N20 M01
 N21 (DNMG 431 55DEG BORE BAR)
 N22 T0808
 N23 B0
 N24 G00 G97 S5457 M04
 N25 (Bore Rough2)
 N26 G54 G00 Z4.026 M08
 N27 X4.493
 N28 Z-10.638
 N29 X13.293
 N30 G99 G01 X20. Z-13.991 F.409
 N31 Z-14.4
 N32 X19.293 Z-14.754
 N33 G00 X1.293

					<i>MP.ПМКМ-17.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		45

5. Наукове дослідження

Деталь «Кришка» з номером 00.000.06.03.03.02 є важливою складовою одиницею скальчастого кондуктора 00.000.06.03.03.00. Зазначене технологічне оснащення призначене для точного позиціонування та свердління отворів у заготовках під час обробки на вертикально- та горизонтально-свердлильних верстатах. Графічне зображення та конструктивні особливості деталі представлені на кресленні рисунку 5.1.

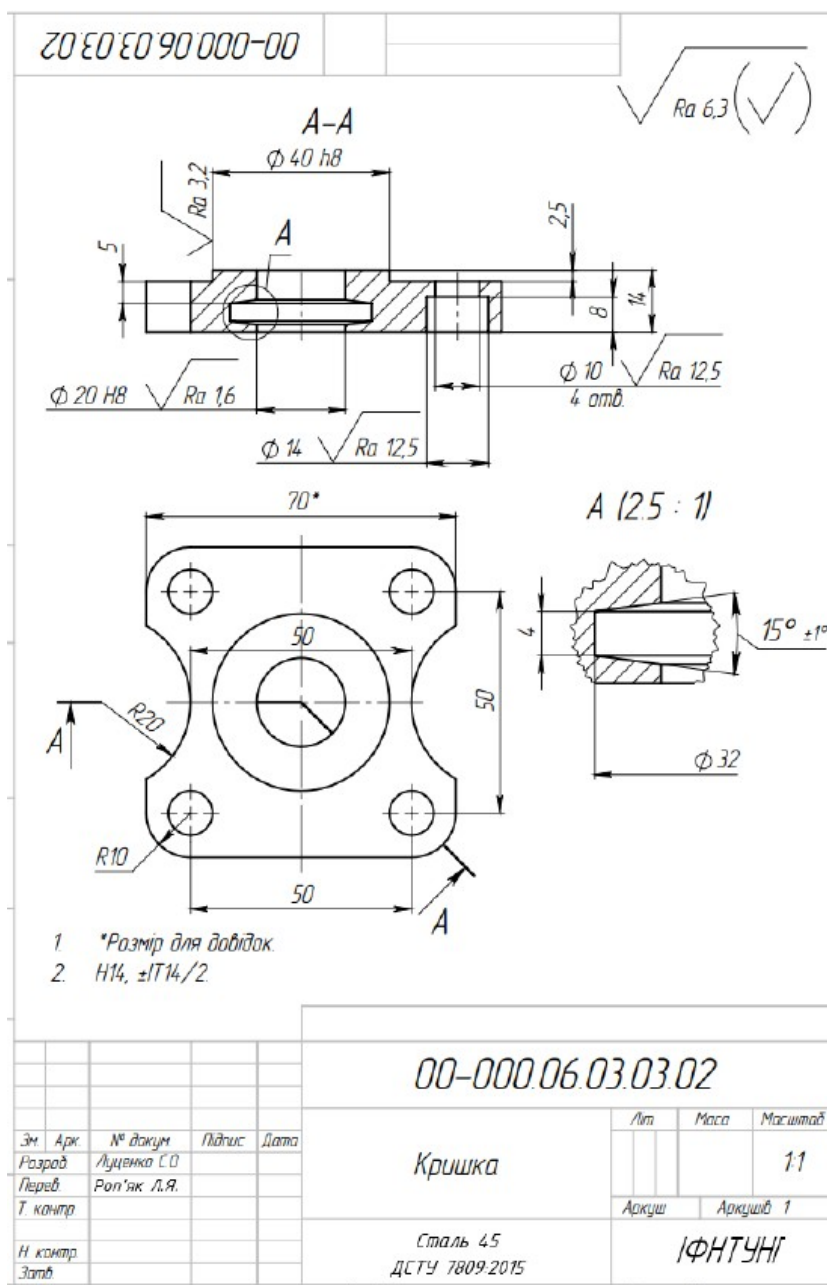


Рисунок 5.1 – Креслення деталі Кришка 00.000.06.03.03.02

Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

Процес інженерного проектування включає створення параметричної 3D-моделі деталі, який реалізується у кілька послідовних етапів. Повна структура проекту та ієрархія елементів відображені у дереві побудови моделі на рисунку 5.2, а покрокова хронологія формування геометрії кришки проілюстрована на рисунку 5.3

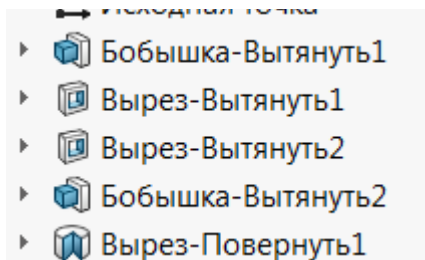
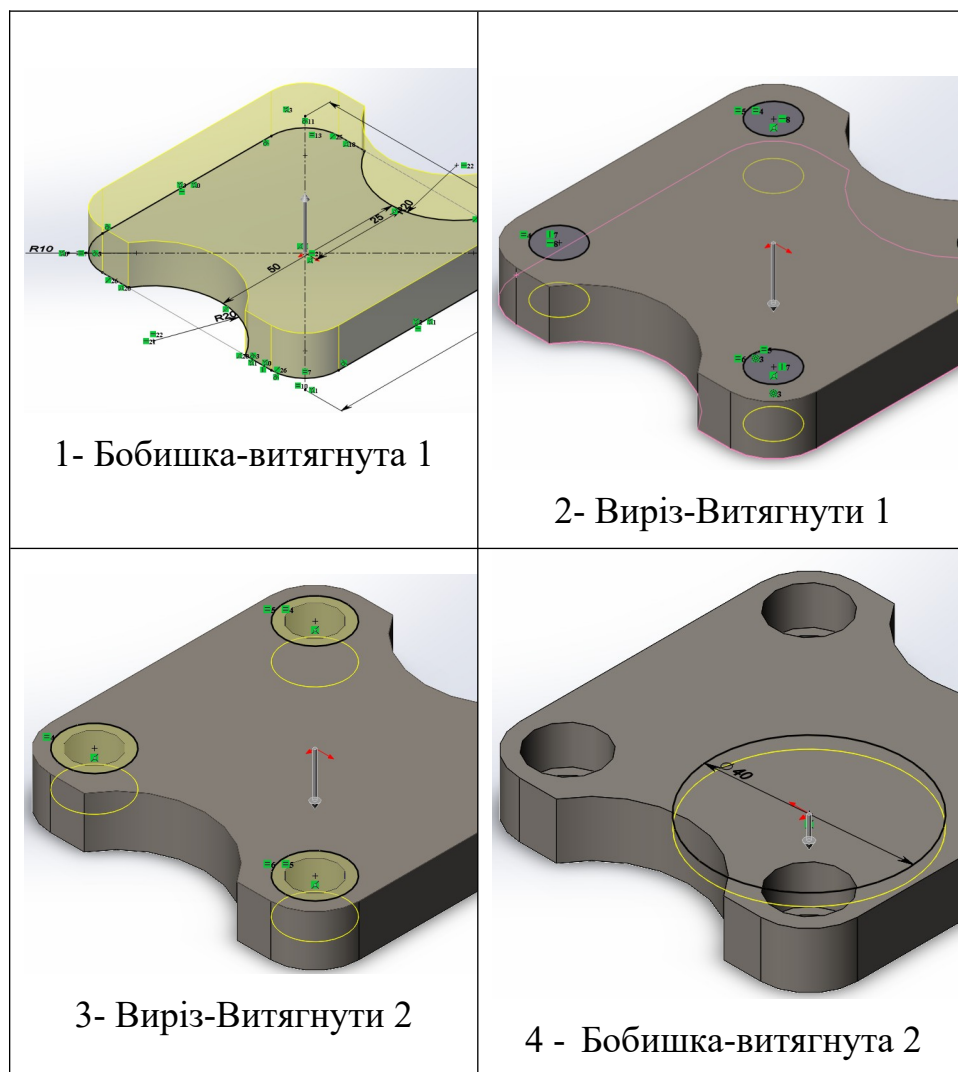


Рисунок 5.2 — Структура побудови параметричної моделі кришка



Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

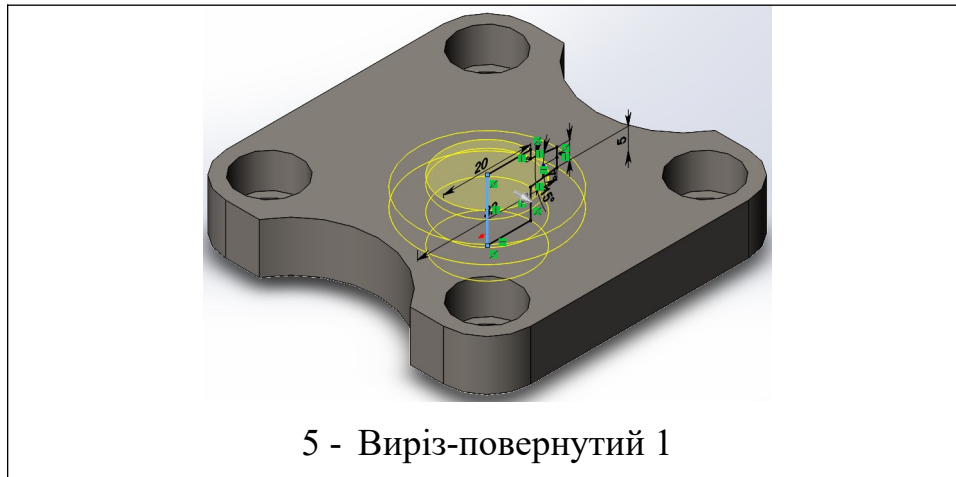


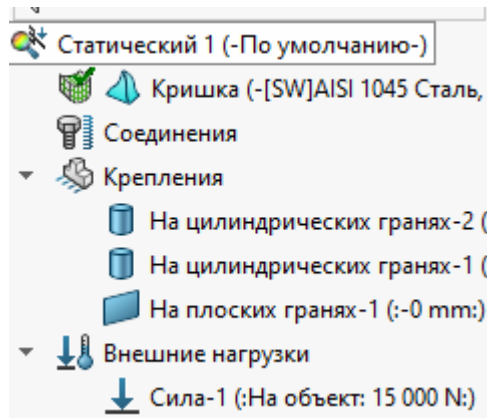
Рисунок 5.3 – Послідовність кроків, використаних для розробки параметричної 3D моделі деталі кришка

Висновок :Розроблена параметрична модель слугує інструментом для глибокого аналізу, дозволяючи дослідити вплив зміни ключових конструктивних елементів, таких як «Бобишка-витагнута 1», «Виріз-Витагнути 1» та «Виріз-повернутий 1», на розподіл напружень, виникнення деформацій та загальні експлуатаційні характеристики деталі.

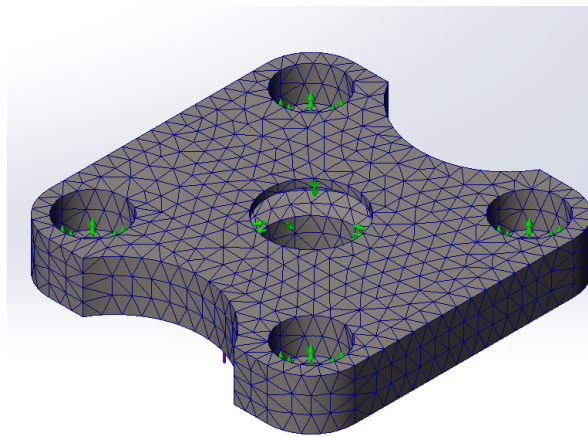
Для забезпечення високої точності комп'ютерного моделювання ключові фізико-механічні властивості матеріалу Сталь 45, які є необхідними для проведення як статичного, так і динамічного аналізів, були систематизовані та наведені в таблиці 5.1. Основою для розрахунків методом скінченних елементів слугує сітка дискретизації моделі, візуалізація якої представлена на рисунку 5.4

Таблиця 5.1 – Властивості матеріалу

Назва:	AISI 1045 Сталь
Тип моделі:	Лінійний Пружний Ізотропний
Критерій міцності:	von Mises
Границя плинності:	5,3e+08 N/m ²
Границя міцності для розтягу:	6,25e+08 N/m ²
Модуль пружності:	2,05e+11 N/m ²
Коефіцієнт Пуассона:	0,29
Густина:	7 850 kg/m ³
Модуль зсуву:	8e+10 N/m ²
Коефіцієнт теплового розширення:	1,15e-05 /Kelvin



а



б

Рисунок 5.4 - Дерево моделі (а) і сітка елементів (б) для статичної задачі

Важливим етапом підготовки розрахункової схеми є коректне задання граничних умов, що імітують реальне закріплення деталі: для отворів діаметром 10 мм обмеження переміщення встановлено виключно в радіальному напрямку рисунок 5.5, аналогічне радіальне обмеження застосовано і до отвору діаметром 20 мм рисунок 5.6, тоді як для торцевих поверхонь отворів діаметром 14 мм заблоковано рух у перпендикулярному до поверхні напрямку рисунок 5.7.

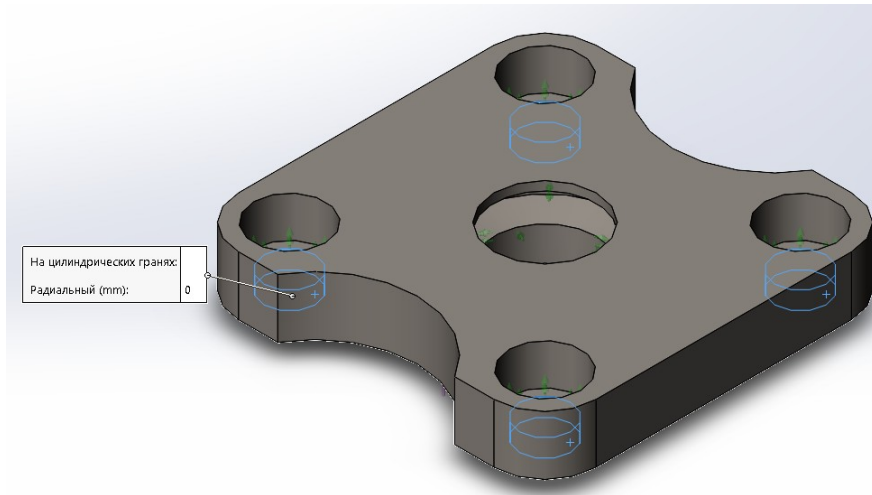


Рисунок 5.5 – Граничні умови які накладаються «На циліндричні поверхні»

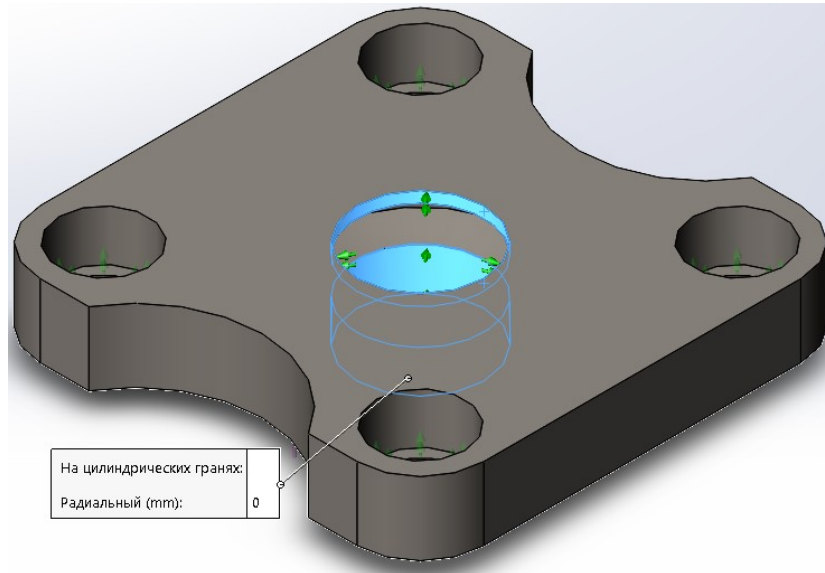


Рисунок 5.6 – Граничні умови які накладаються «На циліндричні поверхні»

					<i>МР.ПМКМ-17.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		50

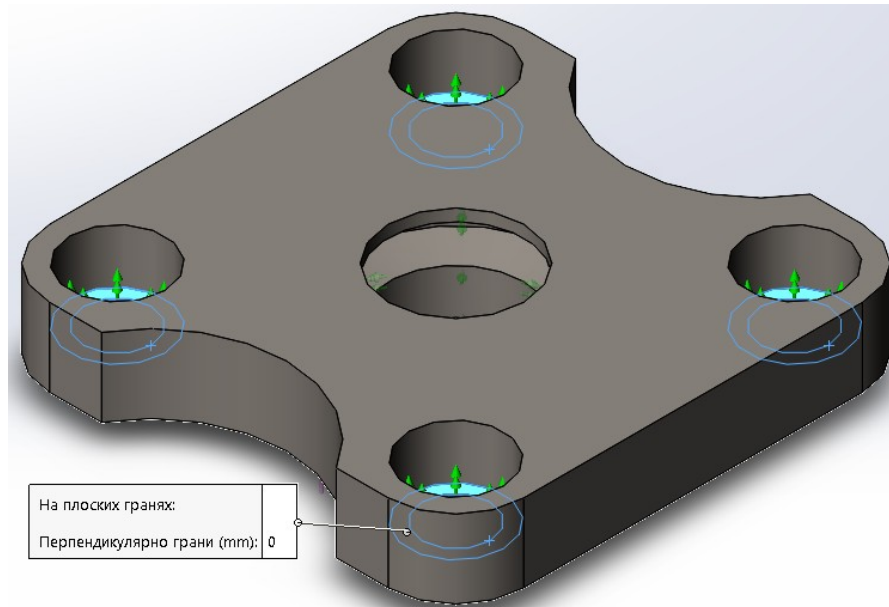


Рисунок 5.7 – Граничні умови які накладаються «На плоскі поверхні»

Для створення навантаження вибираємо плоску поверхню діаметром 40 мм і прикладаємо навантаження 15000 Н. (рисунок 5.8).

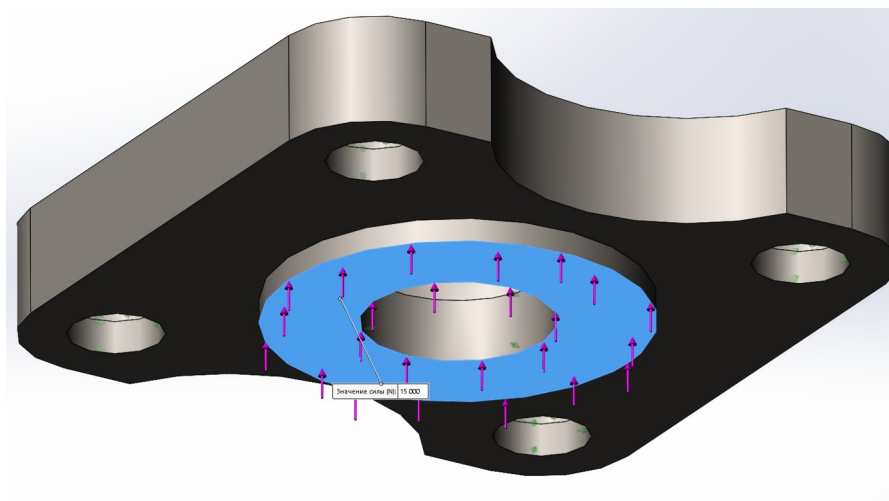


Рисунок 5.8 – Зусилля яке діє на плоску поверхню діаметром 40 мм. «15000 Н»

Аналіз отриманих результатів дослідження демонструє розподіл навантажень по об'єму деталі, при цьому максимальні еквівалентні напруження досягають рівня 125,8 МПа і локалізуються в зоні кріплень кришки, що показано на рисунку 5.9. Оскільки межа плинності для сталі 45 становить 530МПа, діючі напруження не перевищують допустимих значень, тому умови для виникнення пластичних деформацій або статичного руйнування повністю відсутні.

					MP.ПМКМ-17.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		51

Розрахунковий коефіцієнт запасу міцності при даному статичному навантаженні визначається співвідношенням граничного напруження до максимального діючого і становить $n = 530 / 125,8 = 4,21$.

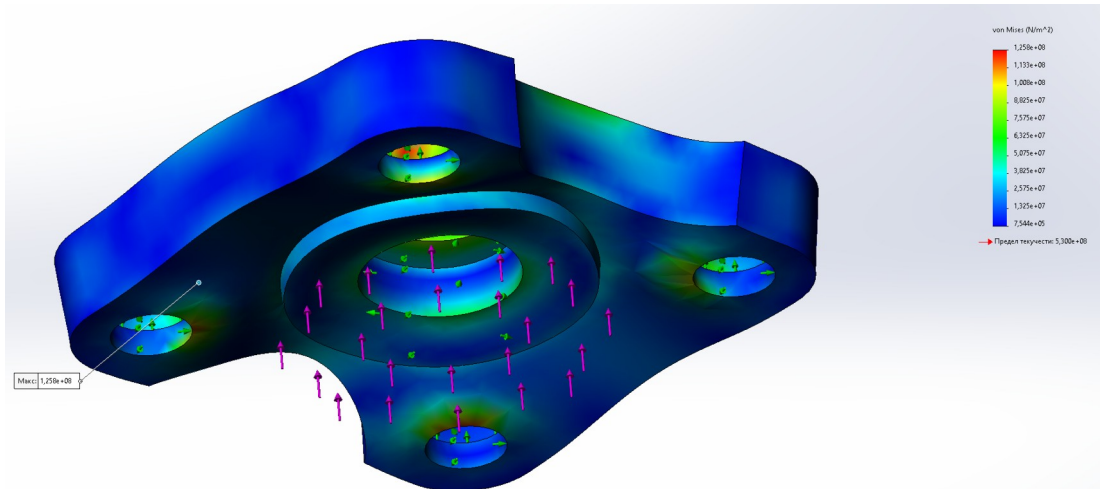


Рисунок 5.9 – Розподіл еквівалентних напружень (за критерієм Мізеса-Губера), МПа

Найбільші переміщення спостерігаються в зоні отвору діаметром 20 мм – кришки. (рисунок 5.10).

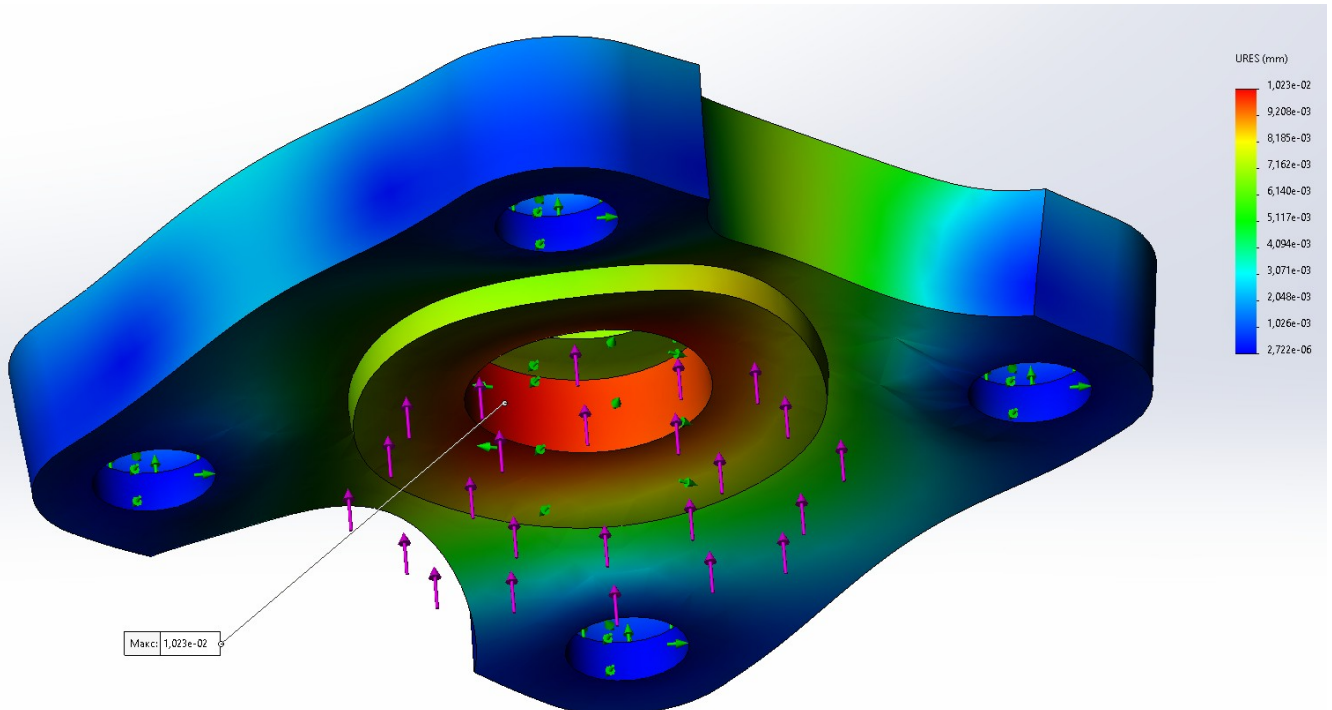
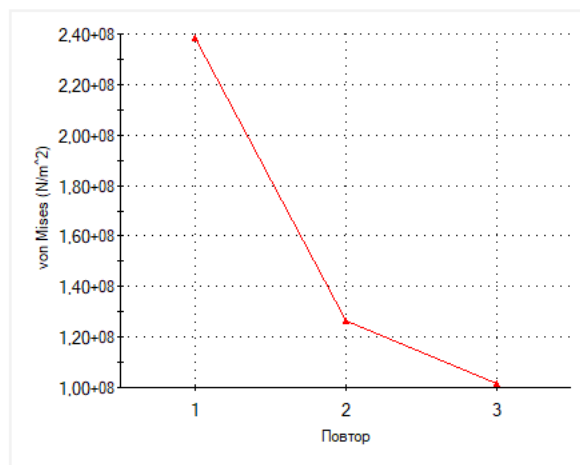
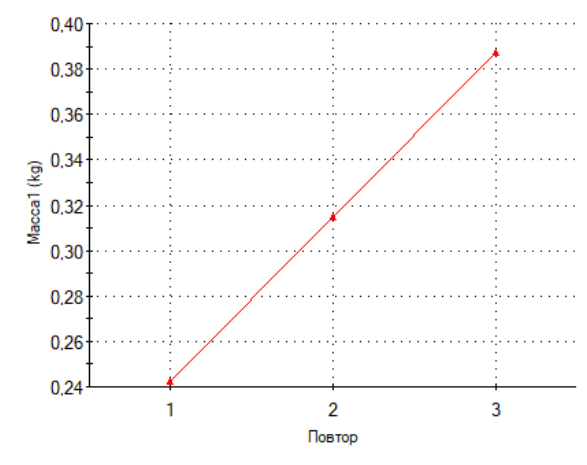
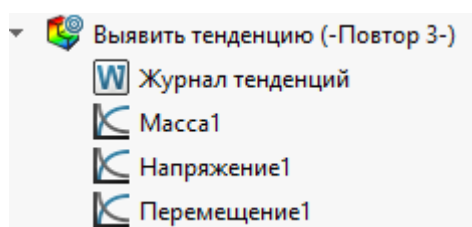


Рисунок 5.10 – Сумарні переміщення (мм)

					МР.ПМКМ-17.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		52

Таким чином, за поточних умов експлуатації деталь «Кришка» демонструє суттєвий запас статичної міцності $n=4,21$, що свідчить про надлишкову жорсткість конструкції. Цей факт відкриває перспективи для оптимізації виробу, зокрема зменшення його маси шляхом застосування методів параметричної та топологічної оптимізації без втрати експлуатаційної надійності.

У рамках даного дослідження для проведення параметричного аналізу в якості базового геометричного параметра обрано товщину кришки, що становить 11,5 мм. Для всебічної оцінки чутливості конструкції задано дискретний діапазон варіювання цього розміру, який включає контрольні точки: 9 мм, 11,5 мм та 14 мм. Головною метою роботи є встановлення кореляційних залежностей між зміною товщини та ключовими вихідними характеристиками: масою виробу, величиною переміщень та еквівалентними напруженнями. Отримання необхідних даних реалізується шляхом активації спеціалізованого інструментарію «Виявити тенденцію» (Trend Tracker), інтерфейс якого наведено на рисунку 5.11. Алгоритм процедури передбачає ітераційну зміну товщини кришки в цифровій моделі з обов'язковою автоматичною регенерацією скінченно-елементної сітки та проведенням повного циклу симуляції на кожному етапі.



—●— Масса1

—●— von Mises

Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

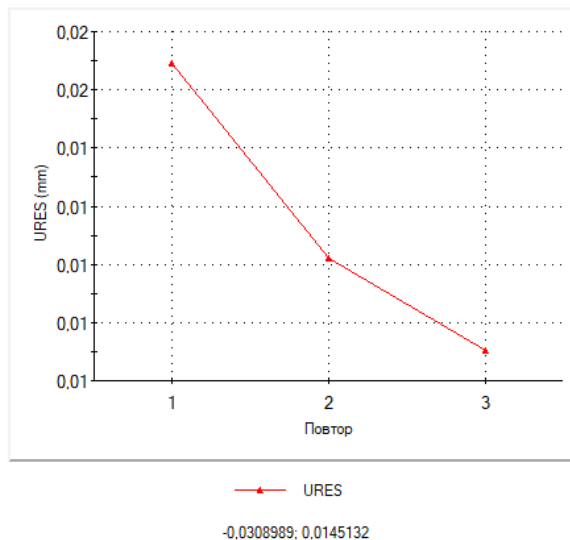


Рисунок 5.11 – Підсумки параметричного вивчення «Виявити закономірність»

Первинний аналіз результатів демонструє чітку фізичну закономірність: зменшення товщини деталі призводить до зниження її загальної ваги, проте це супроводжується зростанням показників напружено-деформованого стану.

Застосований підхід базується на методах автоматизованого параметричного аналізу, сутність якого полягає у здатності програмного комплексу самостійно перебудувати цифрову модель та обчислювати вихідні параметри для різних комбінацій вхідних змінних. У цьому дослідженні основними керуючими параметрами визначено товщину деталі $t=11,5$ мм та діаметр кріпильних отворів $d=10$ мм, як показано на рисунку 5.12. Додатково на модель накладаються проектні обмеження щодо допустимої маси та рівня внутрішніх напружень (рисунок 5.13).

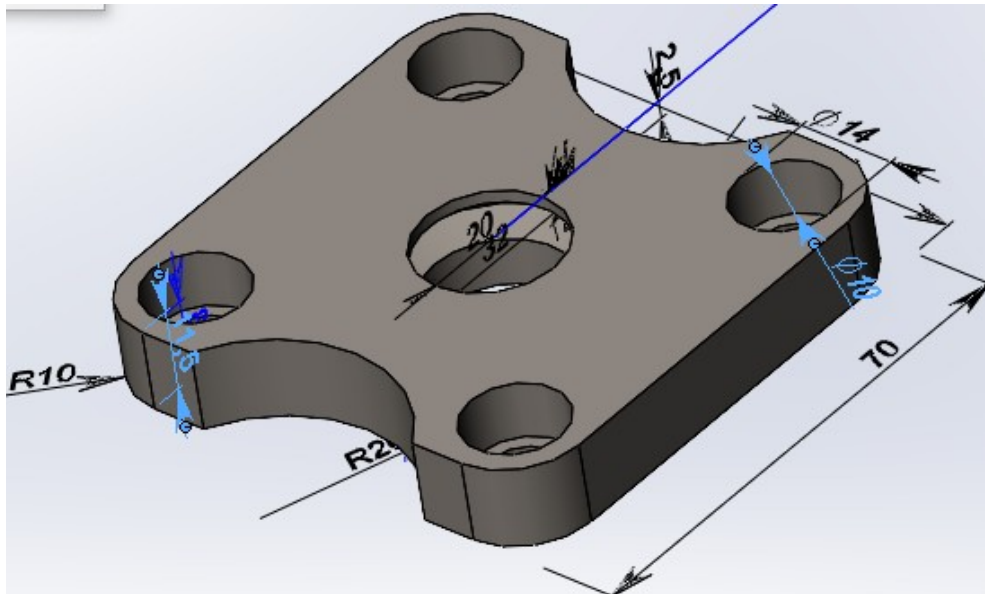


Рисунок 5.12 – Параметри, що використовуються в дослідженні.

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 d Введите значение Нажмите здесь, чтобы добавить Переменные		9.5мм	11.5мм	13.5мм	15.5мм	9.5мм	11.5мм	13.5мм	15.5мм	9.5мм	11.5мм	13.5мм	15.5мм
Ограничения Масса1 Больше Мин: 0.000000 Напряжение1 Больше Мин: 0 Н/м² Статический 1		мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм

Рисунок 5.13– Визначення вхідних та кінцевих параметрів.

Обчислювальний процес охоплює дванадцять різних конструктивних варіантів, перелік яких візуалізовано на рисунку 5.14. Для глибокої аналітичної обробки отриманий масив підсумкових даних експортується у текстовий формат CSV з подальшим імпортом у середовище MS Excel. Для коректної побудови тривимірних графіків та візуалізації результатів відповідно до структури таблиці 5.2, вихідну матрицю даних необхідно трансформувати, що ефективно реалізується за допомогою функції транспонування (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	11.5мм	11.5мм	9.5мм	11.5мм	13.5мм	15.5мм	9.5мм	11.5мм	13.5мм	15.5мм	9.5мм	11.5мм	13.5мм	15.5мм
d	10мм	10мм	мм	мм	мм	мм	10мм	10мм	10мм	10мм	12мм	12мм	12мм	12мм
Масса1 > 0.000000	0.314882	0.314882	0.258210	0.317990	0.377769	0.437548	0.256879	0.314882	0.372886	0.430889	0.255251	0.311084	0.366918	0.422751
Напряжение1 > 0 Н/м²	1.265e+08 Н/м²	1.265e+08 Н/м²	1.7472e+08 Н/м²	1.2855e+08 Н/м²	1.0534e+08 Н/м²	8.3865e+07 Н/м²	1.7597e+08 Н/м²	1.265e+08 Н/м²	1.0606e+08 Н/м²	9.0797e+07 Н/м²	2.2062e+08 Н/м²	1.4258e+08 Н/м²	1.076e+08 Н/м²	9.4365e+07 Н/м²

Рисунок 5.14 – Підсумки аналізу параметрів.

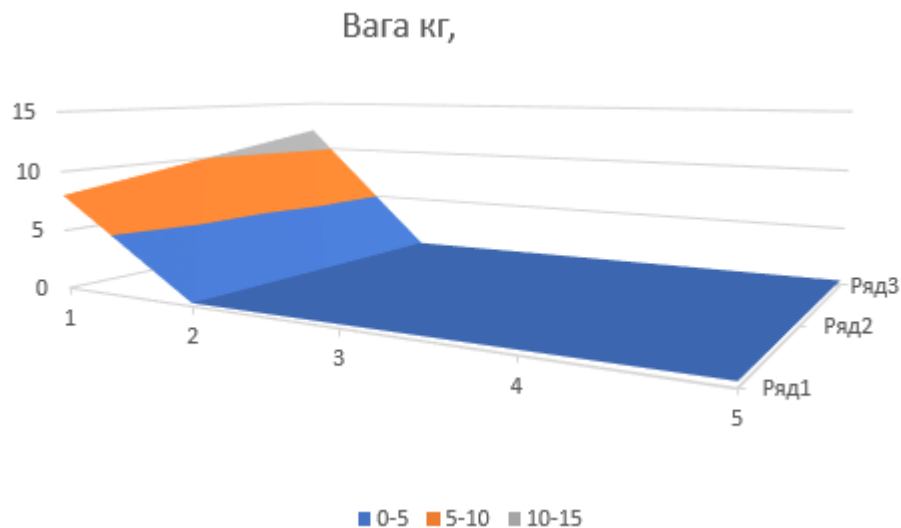


Рисунок 5.16 – Залежність маси від діаметрів d і товщини t

На підставі проведеного аналізу зроблено висновок про доцільність збереження початкового варіанту конструкції з діаметром отворів $d=10$ мм та товщиною деталі $t=11,5$ мм. За таких умов забезпечується оптимальний баланс характеристик: розрахункове еквівалентне напруження становить $1,27E+8$ Па, а загальна вага виробу дорівнює $0,314882$.

5.1 Обчислення циклічної довговічності деталі кришка.

Втома матеріалу розглядається як складний фізичний процес, що характеризується поступовим накопиченням мікроструктурних дефектів та подальшим розвитком тріщин під впливом багаторазових циклічних навантажень. Ключовою та найбільш небезпечною особливістю цього явища є те, що руйнування конструкції відбувається при рівнях напружень, які є значно нижчими за критичні значення межі міцності, характерні для одноразового статичного навантаження.

Методика комп'ютерного моделювання цього процесу передбачає двоетапний підхід: спершу проводиться базовий статичний аналіз для вже оптимізованої геометрії конструкції, результати якого стають основою для створення спеціалізованого розрахунку на втому з постійною амплітудою навантаження. Налаштування параметрів циклу здійснюється через інтерфейс подій навантаження, де для даного дослідження задано коефіцієнт асиметрії циклу

					MP.ПМКМ-17.00.00.000 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$R=0$, кількість циклів навантаження $n=100000$ та масштабний коефіцієнт, що дорівнює одиниці. Важливим нюансом є те, що стандартні алгоритми програмного забезпечення за замовчуванням можуть ігнорувати вплив середнього напруження циклу, що потенційно призводить до завищеної оцінки довговічності, тому за потреби відповідну опцію слід активувати у властивостях дослідження вручну.

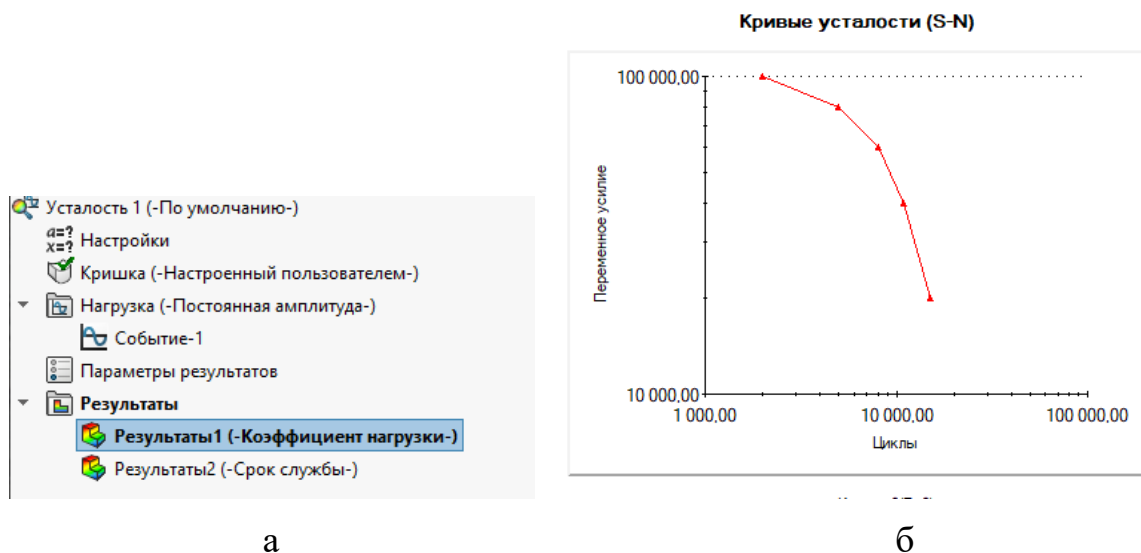


Рисунок 5.1.1– Вхідні дані і результати дослідження (а)
Крива втоми для сталі 45 для $R=0$ (б)

Аналіз отриманих результатів, візуалізованих на рисунку 5.1.2, дозволив визначити розподіл коефіцієнтів запасу втомної міцності. Критично низьке значення цього показника, яке становить 0,0002887, було зафіксовано локально в зоні отворів кріплення деталі «Кришка». Такий результат свідчить про вкрай високу ймовірність втомного руйнування в цій області навіть при заданій кількості циклів, що робить будь-яке подальше збільшення робочого навантаження на вузол категорично неприпустимим без зміни конструкції або матеріалу.

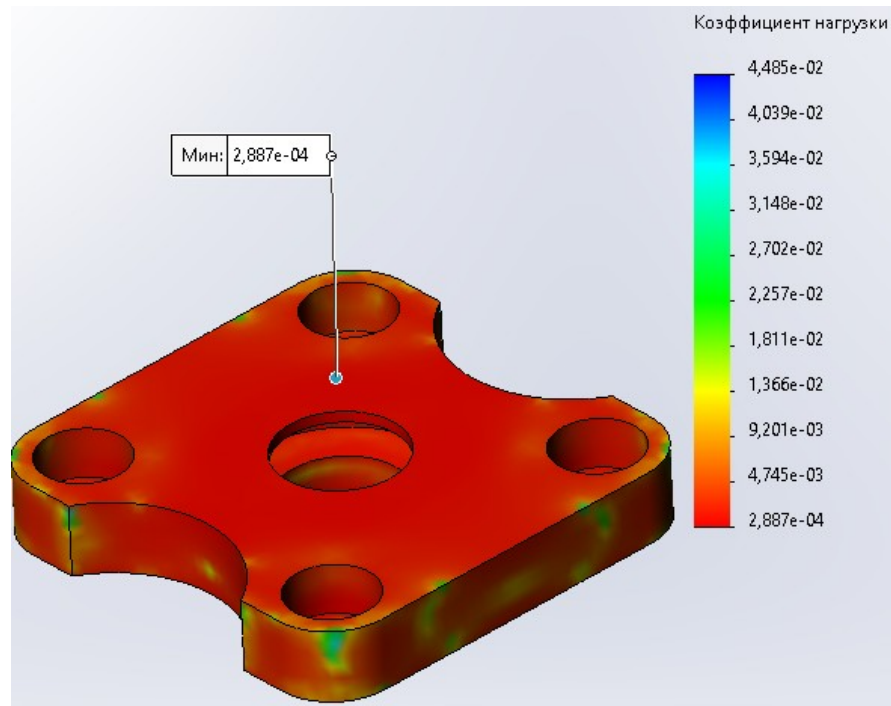


Рисунок 5.1.2 – Коефіцієнт запасу втомної міцності деталі кришка

					<i>MP.ПМКМ-17.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		59

5.2 Аналіз лінійних вільних та вимушених гармонічних коливань

Фізична природа вільних коливань досліджуваної конструкції полягає у реакції системи на початкове зовнішнє збурення, після припинення дії якого коливальний процес підтримується виключно за рахунок взаємодії внутрішніх сил пружності та сил інерції без участі періодичних зовнішніх навантажень. Спектр власних частот та відповідні їм просторові форми коливань є фундаментальними динамічними інваріантами системи, які не залежать від прикладених сил, а визначаються виключно топологією деталі та її фізико-механічними властивостями, що математично описуються через власні матриці розподілу мас і жорсткостей.

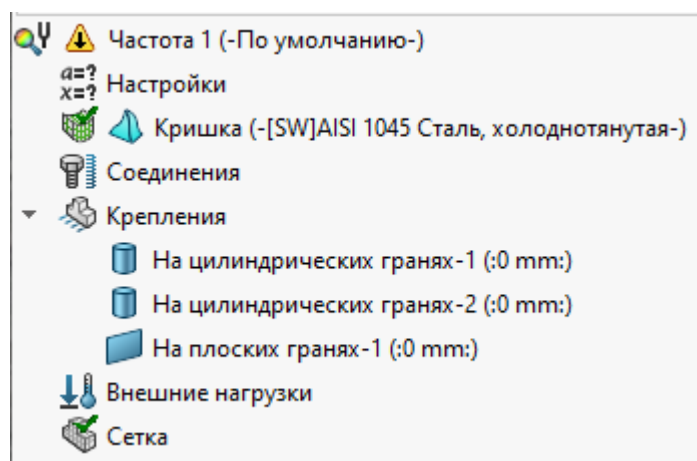


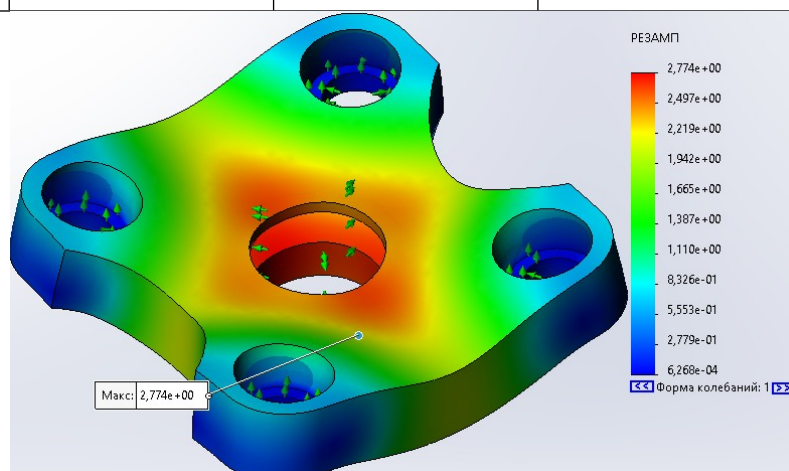
Рисунок 5.2.1 – Вхідні дані для дослідження

Кількісні результати модального аналізу систематизовано у таблиці 5.2.1, де зафіксовано розрахункові значення перших п'яти власних частот (резонансних частот). Графічна інтерпретація результатів, наведена на рисунку 5.2.2, візуалізує відповідні форми коливань, демонструючи характер деформації моделі через відносні безрозмірні значення амплітуд, що дозволяє оцінити якісну картину зміщень.

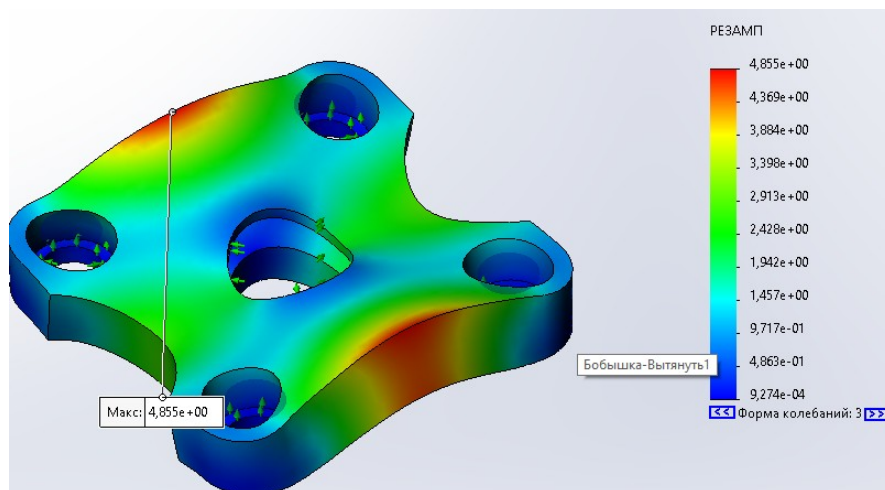
					MP.ПМКМ-17.00.00.000 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 5.2.1 – Нормалізований вплив маси

Режим No.	Частота (Герц)	Напрямок X	Напрямок Y	Напрямок Z
1	17 719	2,2648e-08	0,72543	6,0717e-08
2	19 685	3,6112e-09	2,3793e-06	0,0073773
3	22 104	1,4598e-07	0,0024425	1,4564e-06
4	22 261	4,2694e-05	1,8869e-06	7,9167e-09
5	27 241	4,6185e-06	4,0313e-08	1,3223e-06
		X = 4,7485e-05	Y = 0,72788	Z = 0,0073802



а



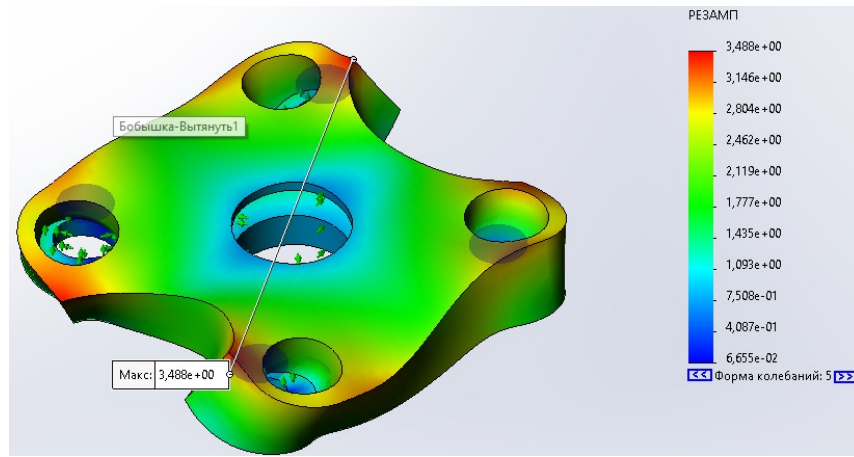
б

Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

МР.ПМКМ-17.00.00.000 ПЗ

Арк.

61



В

Рисунок. 5.2.2 – Форми вільних коливань деталі: а- 17 719 Гц, б-22 104Гц,
в-27 241 Гц

На основі детального аналізу топології перших п'яти власних форм зроблено висновок, що найбільш критичні радіальні викривлення робочих поверхонь, які можуть вплинути на точність обробки, локалізуються у високочастотному спектрі діапазону від 17 719 Гц до 27 241 Гц.

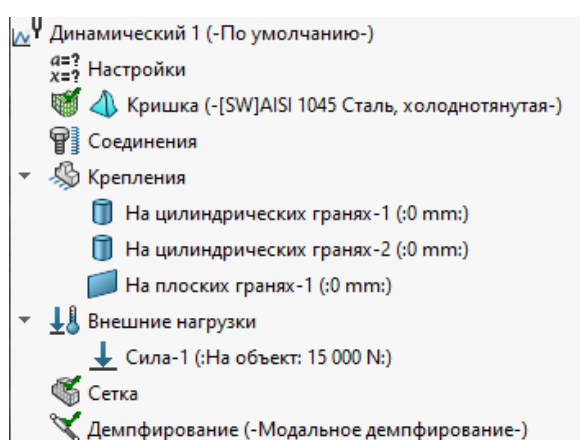
Основною метою даного етапу розрахунково-аналітичних робіт є оцінка динамічної поведінки конструкції під дією гармонічного збурення, а саме визначення амплітудних значень деформацій та напружень, що виникають коли прикладена зовнішня сила змінюється за гармонічним законом. Реалізація цього завдання передбачає виконання ресурсомісткого обчислювального процесу, який базується на ітеративному розв'язанні рівнянь руху для широкого спектра частот із заданим кроком дискретизації.

Вихідні параметри моделювання (Рисунок 5.2.3):

- Діапазон частот: Задано інтервал від 0 до 28000 Гц. Цей діапазон базується на результатах попередніх досліджень.
- Модальне демпфування: Враховується з розрахунком демпфування матеріалу.

					МР.ПМКМ-17.00.00.000 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

- Коефіцієнт демпфування матеріалу: Прийняте орієнтовне значення становить 0,01. Для застосування цього параметра необхідно створити або модифікувати відповідний запис у базі даних матеріалів.
- Граничні умови та навантаження: Задаються аналогічно до процедури статичного аналізу, але замість постійного значення вказується амплітуда гармонічного навантаження.
- Амплітуда навантаження: Встановлено значення 15000 Н.



Рисунки 5.2.3 – Вхідні дані дослідження

Детальний аналіз амплітудно-частотних характеристик (АЧХ) у контрольних вузлах моделі (рисунок 5.2.4) дозволив ідентифікувати чітко виражений пік резонансу на частоті 17 680 Гц. Розрахунки показали, що навіть за умови врахування демпфування, у частотному діапазоні 14 700–22 350 Гц генеруються критично високі амплітуди переміщень та динамічних напружень.

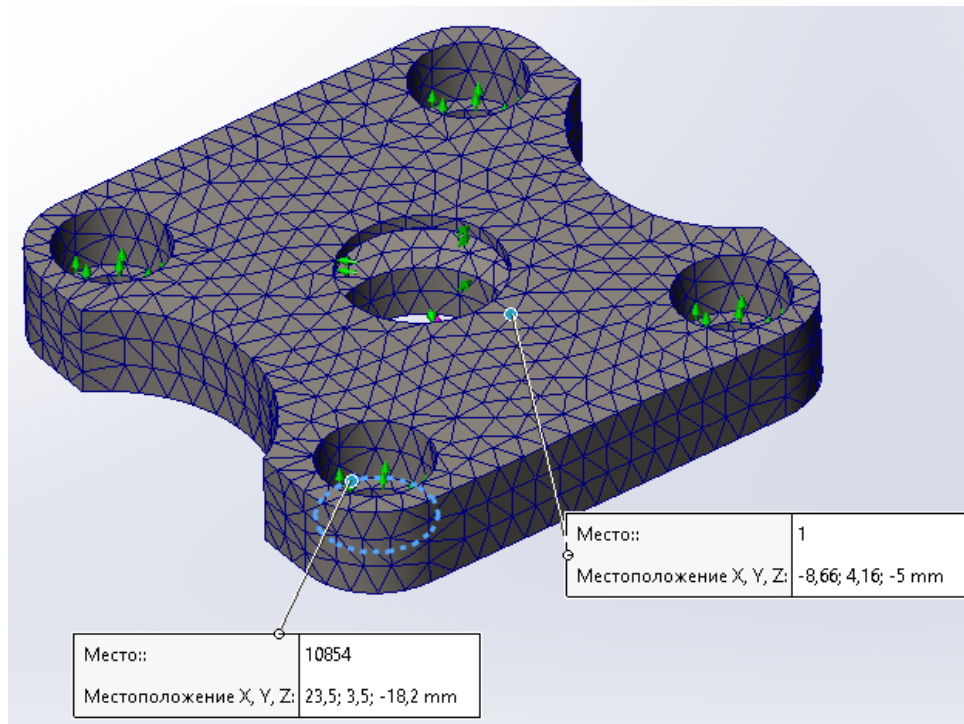


Рисунок 5.2.4 - Обрані вузли для визначення амплітуди деформацій Даної деталі



Рисунок 5.2.5 – Амплітуда переміщень в вузлах деталі 1 і 10854

График отклика

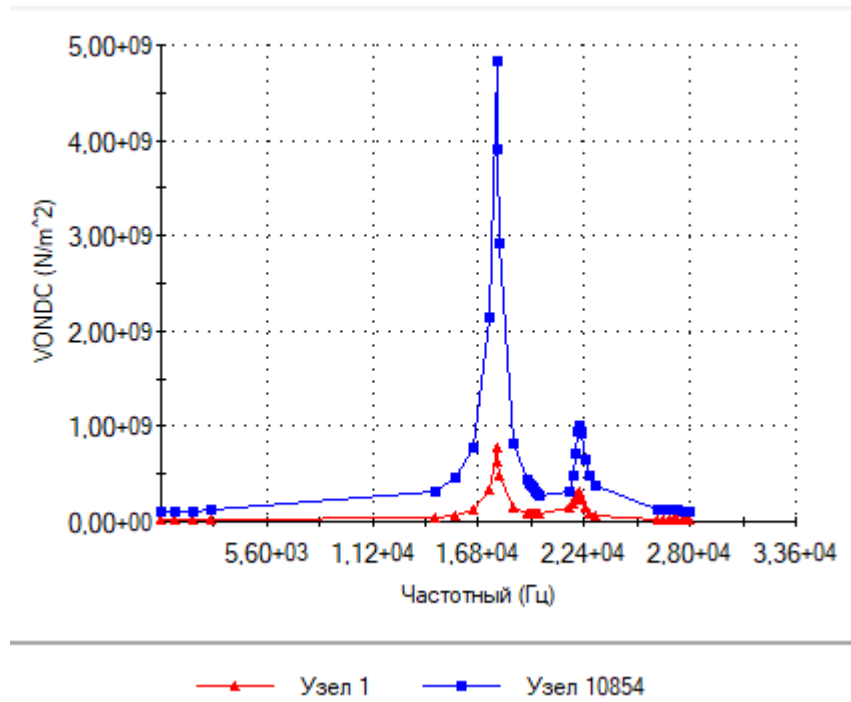


Рисунок 5.2.6 Амплитуда эквивалентных напряжений в узлах детали 1 и 10854

З огляду на це, зроблено висновок про необхідність виключення вказаного частотного інтервалу (14 700–22 350 Гц) з допустимих режимів експлуатації обладнання, оскільки робота в цій зоні неминуче призведе до значних деформацій та прискореного втомного руйнування матеріалу конструкції.

Висновки

Під час виконання курсового проєкту. Виконано креслення деталі «Кришка 00.000.06.03.03.02», запропоновано технологічний процес механічної обробки, підібрані металорізальні верстати та різальний інструмент.

Для закріплення деталі на фрезерній операції 030 запропоновано пристрій Лещата, виконано креслення пристрою. Створені програми обробки і також імітація обробки даної деталі на фрезерні операції 020, 030, 040 а також на фрезерну операцію 050

					MP.ПМКМ-17.00.00.000 ПЗ	Арк.
						66
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->.
7. Електронне джерело - [Conference-Proceedings-November-6-7-2025-1.pdf](#).

					MP.ПМКМ-17.00.00.000 ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Додатки

					MP.ПМКМ-17.00.00.000 ПЗ	Арк.
						68
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Дубл.			
Взамін.			
Підпис			

Зм	Ар	№ док.	Підпис	Дата

1	6
---	---

І Ф Н Т У Н Г	ПМКм-24-1	МР.ПМКм-17.00.00.000
Кришка 00.000.06.03.03.02		Н

«Затверджую»

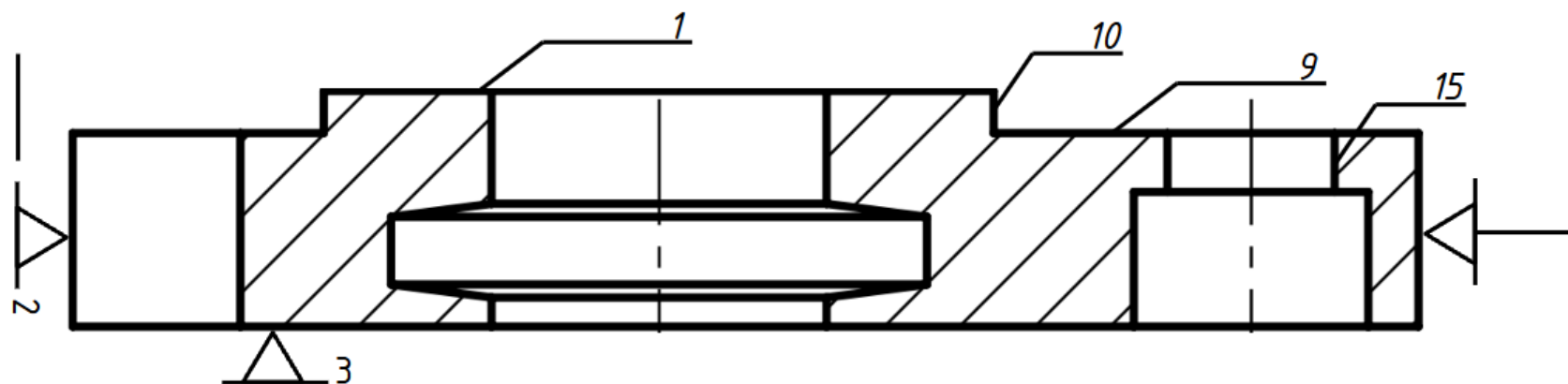
Зав.кафедрою Панчук В.Г.

**КОМПЛЕКТ
технологічної
документації**

Технологічний процес
механічної обробки
Кришка 00.000.06.03.03.02

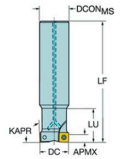
Розробив: ст.єр.ПМКм-24-1
Луценко С.О.
Перевірив: проф.
Роп'як Л.Я.

Дубл.														
Взамін.														
Підпис														
														1
Розробив	Луценко С.О.			І Ф Н Т У Н Г	МР.ПМКм-17.00.00.000				00.000.06.03.03.02.0418					
Перевірів	Роп'як Л.Я.													
Н. Контр.	Роп'як Л.Я.													
Реценз.					ПМКм-24-1									
Затв.	Панчук В.Г.				Кришка 00.000.06.03.03.02								030	



Перв. застосиб

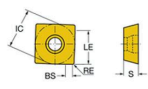
Фреза торцова 490-040A32-08H



Технічні характеристики

Table with 2 columns: Parameter (e.g., Кут ріжучої кромки, Діаметр різання) and Value (e.g., 90°, 40 mm).

Вставка для фрезерування 490R-08T316M-PM 4330



Технічні характеристики

Table with 2 columns: Parameter (e.g., Матеріал(и) заготовки, Стружковий (CBMG)) and Value (e.g., ПМ, RH).

Технічні характеристики

Table with 2 columns: Parameter (e.g., Кут ріжучої кромки, Діаметр різання) and Value (e.g., 90°, 38.1 mm).

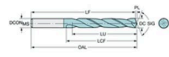
Технічні характеристики

Table with 2 columns: Parameter (e.g., Матеріал(и) заготовки, Стружковий (CBMG)) and Value (e.g., RH, важкий).

Технічні характеристики

Table with 2 columns: Parameter (e.g., Матеріал(и) заготовки, Діаметр різання) and Value (e.g., ПМ, 10 mm).

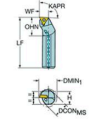
Розвіртка 435.B-1400-A1-XF H10F



Технічні характеристики

Table with 2 columns: Parameter (e.g., Класифікація матеріалу, Діаметр різання) and Value (e.g., 13.5 mm, 1.4 mm).

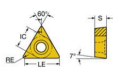
Різець A12M-STFCR 11



Технічні характеристики

Table with 2 columns: Parameter (e.g., Кут ріжучої кромки, Кут випередження) and Value (e.g., 91°, 1°).

Вставка для точіння TCMT 11 02 08-UM 4335



Технічні характеристики

Table with 2 columns: Parameter (e.g., Матеріал(и) заготовки, Стружковий (CBMG)) and Value (e.g., UM, важкий).

Різець канавковий MGNH320R 36/48



Технічні характеристики

Table with 2 columns: Parameter (e.g., Основні, Країна виробник) and Value (e.g., Китай, Дерев'яка).

Головка шліфувальна на оправці 8x10x6 14A/34A F60



Технічні характеристики

Table with 2 columns: Parameter (e.g., Основні, Зернистість) and Value (e.g., P25 / F60, Корунд).

Додатковий №

Підпис та дата

Зачистити інв. №

Підпис та дата

Інв. № провідн.

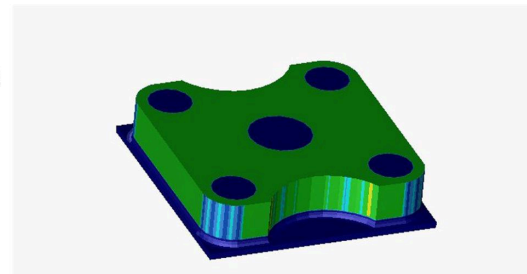
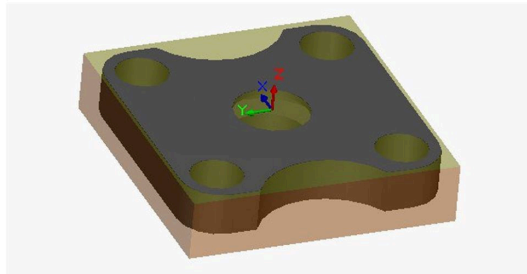
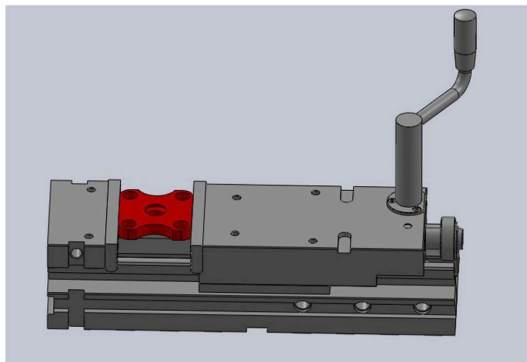
Table for signature and date: Зм, Арк, Розроб, Перев, Т. контр, Н. контр, Затв.

MP.ПМКМ-17.02.000
Видір Інструментів
Лит, Маса, Масштаб
ІФНТУНГ ПМКМ-24-1

Код обробки на операцію 020

- O0001
- N1 G21
- N2 G91 G28 X0 Y0 Z0
- N3 (Face Mill1)
- N4 (40MM 5FL FACE MILL)
- N5 T12 M06
- N6 S4062 M03
- N7 G90 G54 G00 X-79. Y26.
- N8 G43 Z1.5 H12 M08
- N9 G17 G01 X-37. F7708.577
- N10 X37. F10278.103
- N11 X79. F7708.577
- N12 G00 Z2.
- N13 X-79. Y0
- N14 Z1.5
- N15 G01 X-37.
- N16 X37. F10278.103
- N17 X79. F7708.577
- N18 G00 Z2.
- N19 X-79. Y-26.
- N20 Z1.5
- N21 G01 X-37.
- N22 X37. F10278.103
- N23 X79. F7708.577
- N24 G00 Z2.
- N25 X-79. Y26.
- N26 Z1.009
- N27 G01 X-37.
- N28 X37. F10278.103
- N29 X79. F7708.577
- N30 G00 Z2.
- N31 X-79. Y0
- N32 Z1.009
- N33 G01 X-37.
- N34 X37. F10278.103
- N35 X79. F7708.577
- N36 G00 Z2.
- N37 X-79. Y-26.
- N51 G01 X-37.
- N52 X37. F10278.103
- N53 X79. F7708.577
- N54 G00 Z2.
- N55 X-79. Y-26.
- N56 Z.517
- N57 G01 X-37.
- N58 X37. F10278.103
- N59 X79. F7708.577
- N60 G00 Z2.
- N61 X-79. Y26.
- N62 Z.026
- N63 G01 X-37.
- N64 X37. F10278.103
- N65 X79. F7708.577
- N66 G00 Z2.
- N67 X-79. Y0
- N68 Z.026
- N69 G01 X-37.
- N70 X37. F10278.103
- N71 X79. F7708.577
- N72 G00 Z2.
- N73 X-79. Y-26.
- N74 Z.026
- N75 G01 X-37.
- N76 X37. F10278.103
- N77 X79. F7708.577
- N78 G00 Z2.
- N79 Z27. M09
- N80 G91 G28 Z0
- N81 (Contour Mill1)
- N82 (25mm CRB 4FL HGN .75R 50MM LOC)
- N83 T13 M06
- N84 S1530 M03
- N85 G90 G54 G00 X20.513 Y-69.175
- N86 G43 Z41. H13 M08
- N87 Z17.
- N88 G01 Z13.5 F186.591
- N89 G41 D33 X6.504 Y-55.166 F559.772
- N90 G03 X3.81 Y-54.05 I-2.694 J-2.694
- N91 G01 X-25. F746.362
- N92 G02 X-54.05 Y-25. I0 J29.05
- N93 G01 Y-6.322
- N94 X-44.525 Y-.822
- N95 G03 Y.822 I-.475 J.822
- N96 G01 X-54.05 Y6.322
- N97 Y25.
- N98 G02 X-25. Y54.05 I29.05 J0
- N99 G01 X25.
- N100 G02 X54.05 Y25. I0 J-29.05
- N101 G01 Y6.322
- N102 X44.525 Y.822
- N103 G03 Y-.822 I.475 J-.822
- N104 G01 X54.05 Y-6.322

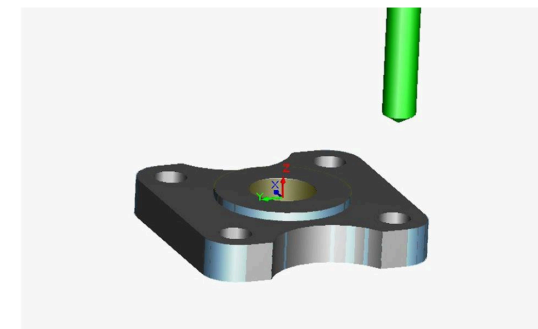
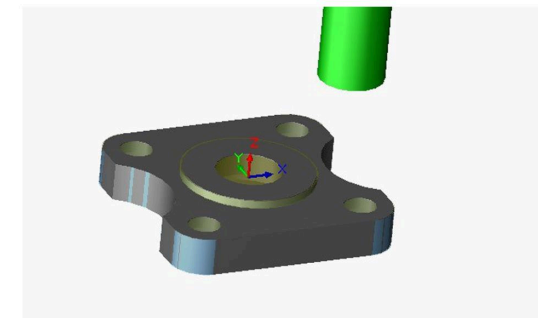
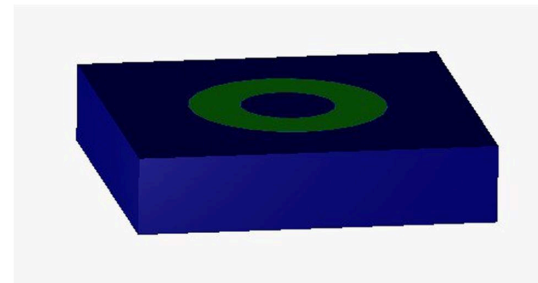
Імітація обробки на операцію 020



Код обробки на операцію 030

- O0001
- N1 G21
- N2 G91 G28 X0 Y0 Z0
- N3 (Face Mill4)
- N4 (40MM 5FL FACE MILL)
- N5 T12 M06
- N6 S4062 M03
- N7 G90 G54 G00 X-79. Y26.
- N8 G43 Z7.5 H12 M08
- N9 G01 Z3.5 F125.
- N10 G17 X-37. F7708.577
- N11 X37. F10278.103
- N12 X79. F7708.577
- N13 G00 Z7.5
- N14 X-79. Y0
- N15 G01 Z3.5 F125.
- N16 X-37. F7708.577
- N17 X37. F10278.103
- N18 X79. F7708.577
- N19 G00 Z7.5
- N20 X-79. Y-26.
- N21 G01 Z3.5 F125.
- N22 X-37. F7708.577
- N23 X37. F10278.103
- N24 X79. F7708.577
- N25 G00 Z7.5
- N26 X-79. Y26.
- N27 Z6.5
- N28 G01 Z2.5 F125.
- N29 X-37. F7708.577
- N30 X37. F10278.103
- N31 X79. F7708.577
- N32 G00 Z7.5
- N33 X-79. Y0
- N34 Z6.5
- N35 G01 Z2.5 F125.
- N36 X-37. F7708.577
- N37 X37. F10278.103
- N38 X79. F7708.577
- N39 G00 Z7.5
- N40 X-79. Y-26.
- N41 Z6.5
- N42 G01 Z2.5 F125.
- N43 X-37. F7708.577
- N44 X37. F10278.103
- N45 X79. F7708.577
- N46 G00 Z7.5
- N47 Z29.5 M09
- N48 G91 G28 Z0
- N49 (Rough Mill9)
- N50 (20MM CRB 4FL 38 LOC)
- N51 T05 M06
- N52 S3323 M03
- N53 G90 G54 G00 X25.937 Y24.937
- N54 G43 Z5. H05 M08
- N55 G01 Z2. F371.374
- N56 X17.123 F1485.498
- N57 G02 X25.937 Y15.566 I-17.123 J-24.937
- N58 G01 Y24.937
- N59 X33.937 Y32.937
- N60 X-33.937
- N61 Y15.566
- N62 X-25.937
- N63 G02 X-17.123 Y24.938 I25.937 J-15.566
- N64 G01 X-25.937
- N65 Y15.566
- N66 X-33.937
- N67 Y-32.937
- N68 X-17.123
- N69 Y-24.937
- N70 G02 X-25.938 Y-15.566 I17.123 J24.937
- N71 G01 Y-24.937
- N72 X-17.123
- N73 Y-32.937

Імітація обробки на операцію 030

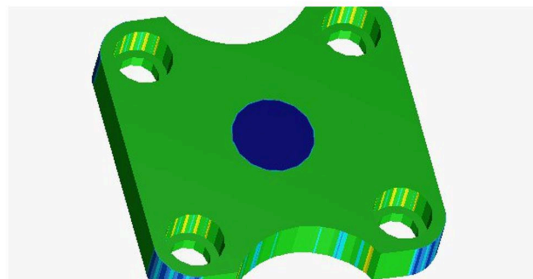
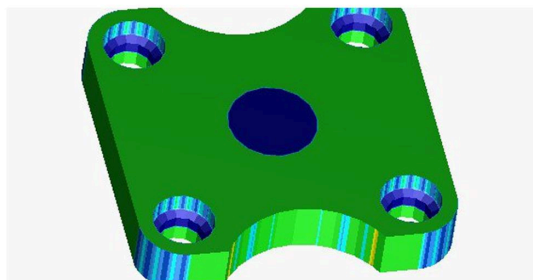
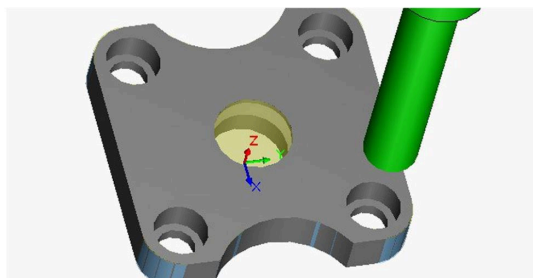
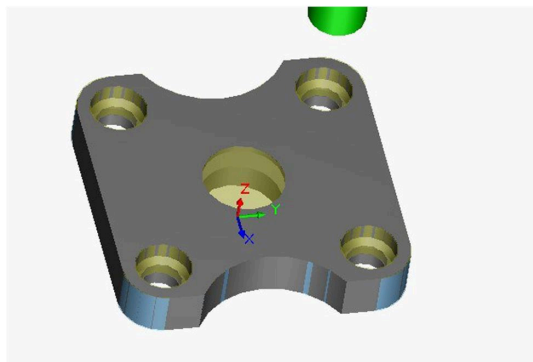


					MP.ПМКМ-17.02.000		
					Імітація обробки та код програми на операцію 020 та 030		
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата	Літ	Маса	Масштаб
Розроб		Луценко С.О.					1:1
Перев		Роп'як Л.Я.			Активация Windows		
Т. контр					Архив 1		
Н. контр		Роп'як Л.Я.			ІФНТУНГ		
Затв					ПМКМ-24-1		
					Копіював Формат А3		

Код обработки на операцию 040

- O0001
- N1 G21
- N2 G91 G28 X0 Y0 Z0
- N3 (Drill1)
- N4 (13.5mm JOBBER DRILL)
- N5 T02 M06
- N6 S7043 M03
- N7 G90 G54 G00 X-25. Y25.
- N8 G43 Z41. H02 M08
- N9 G98 G83 Z6. Q2. R17. F948.128
- N10 Y-25.
- N11 X25.
- N12 Y25.
- N13 G80 Z41. M09
- N14 G91 G28 Z0
- N15 (Ream1)
- N16 (14.0mm CRB REAMER)
- N17 T03 M06
- N18 S1718 M03
- N19 G90 G54 G00 X-25. Y25.
- N20 G43 Z41. H03 M08
- N21 G98 G85 Z6. R17. F371.058
- N22 Y-25.
- N23 X25.
- N24 Y25.
- N25 G80 Z41. M09
- N26 G91 G28 Z0
- N27 G28 X0 Y0
- N28 M30

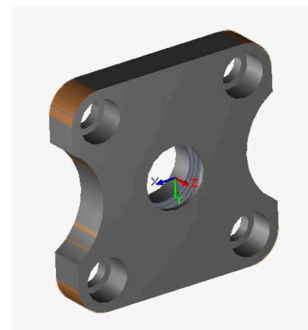
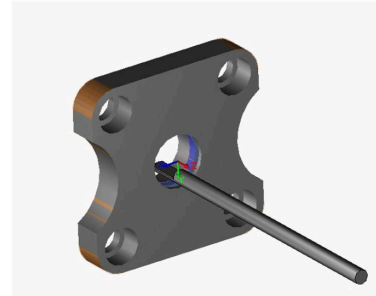
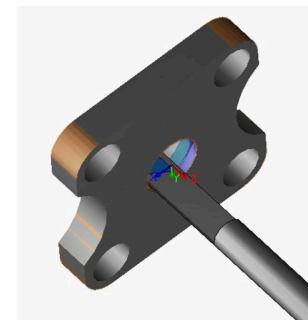
Імітація обробки на операцію 040



Код обработки на операцию 050

- O0001
- N1 (20.0mm JOBBER DRILL)
- N2 T0505
- N3 B0
- N4 G00 G97 S4928 M03
- N5 (Drill1)
- N6 G54 G00 Z3. M08
- N7 X0
- N8 G98 G01 Z-5. F751.1
- N9 G00 Z3.
- N10 Z-2.
- N11 G01 Z-10.
- N12 G00 Z3.
- N13 Z-7.
- N14 G01 Z-15.
- N15 G00 Z3.
- N16 Z-12.
- N17 G01 Z-20.
- N18 G00 Z3.
- N19 X508. Z127. M09
- N20 M01
- N21 (DNMG 431 55DEG BORE BAR)
- N22 T0808
- N23 B0
- N24 G00 G97 S5457 M04
- N25 (Bore Rough2)
- N26 G54 G00 Z4.026 M08
- N27 X4.493
- N28 Z-10.638
- N29 X13.293
- N30 G99 G01 X20. Z-13.991 F.409
- N31 Z-14.4
- N32 X19.293 Z-14.754
- N33 G00 X1.293
- N34 Z3.026
- N35 X508. Z127. M09
- N36 M01
- N37 (1MM GROOVE ID HOLDER)
- N38 T0707
- N39 B0
- N40 G00 G96 S269 M04
- N41 (Groove Rough1)
- N42 G54 G00 Z3.619 M08
- N43 X8.
- N44 Z.119
- N45 G01 X14. Z-2.881 F.064
- N46 X22.683
- N47 G00 X14.
- N48 Z-3.057
- N49 G01 X25.366
- N50 G00 X14.
- N51 Z-3.234
- N52 G01 X28.049
- N53 G00 X14.
- N54 Z-3.411
- N55 G01 X30.732
- N56 G00 X14.
- N57 Z-3.587
- N58 G01 X31.998
- N59 G00 X14.
- N60 Z-3.764
- N61 G01 X31.998
- N62 G00 X14.
- N63 Z-3.94
- N64 G01 X31.998
- N65 G00 X14.
- N66 Z-4.117
- N67 G01 X31.998
- N68 G00 X14.
- N69 Z-4.294
- N70 G01 X31.998
- N71 G00 X14.
- N72 Z-4.47
- N73 G01 X31.998

Імітація обробки на операцію 050



					Імітація обробки та код програми на операцію 040 та 050			Лит	Маса	Масштаб
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата						1:1
Розроб		Луценко С.О.			Активация Windows			Архив	Архив 1	
Перев		Роп'як Л.Я.						ИФНТУНГ ПМКМ-24-1		
Т. контр					Коплюаб					
Н контр		Роп'як Л.Я.								
Затв										

MP.ПМКМ-17.02.000

Перв. застосиб

Довідковий №

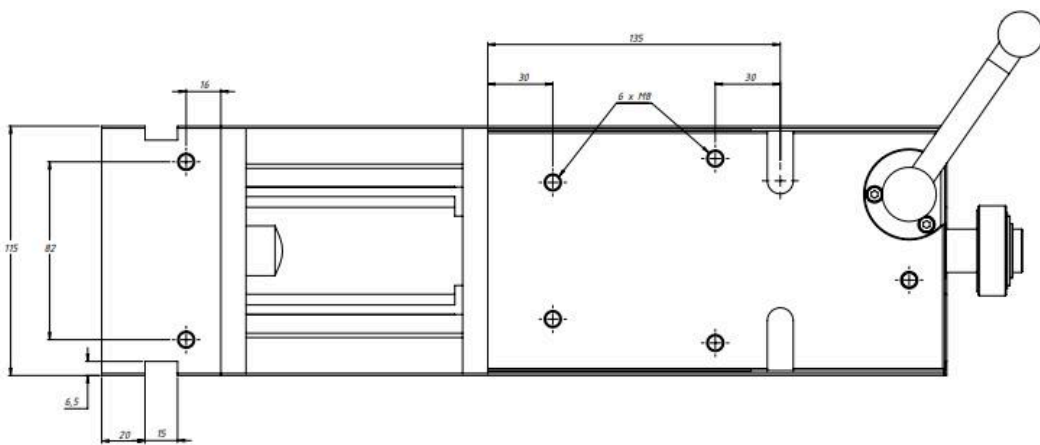
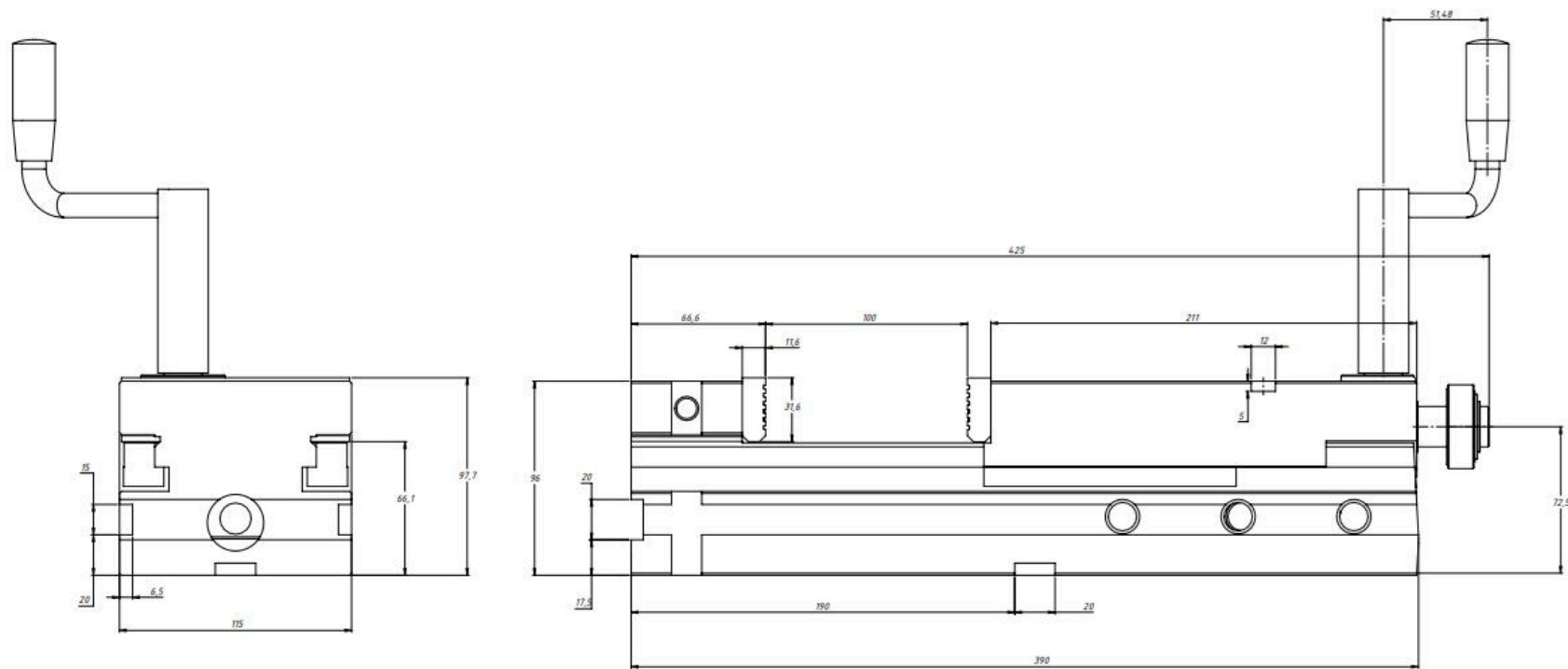
Підпис та дата

№ в. № дубл.

Зачість № в. №

Підпис та дата

№ в. № прабдн.



- *Розміри для довідки
- Пристрій призначений для установки на верстаті HAAS VM-2

					MP.ПМКМ-17.02.000			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Пристрій Фрезерний	Лит.	Маса	Масштаб
Розроб.		Луценко С.О.						1:1
Перев.		Роп'як Л.Я.				Аркуш	Аркуш	1
Т. контр.						ІФНТУНГ ПМКМ-24-1		
Н. контр.		Роп'як Л.Я.						
Затв.								

Копіював

Формат А3

MP.ПМКМ-17.02.000

Перв. эстабл.

Добірковий №

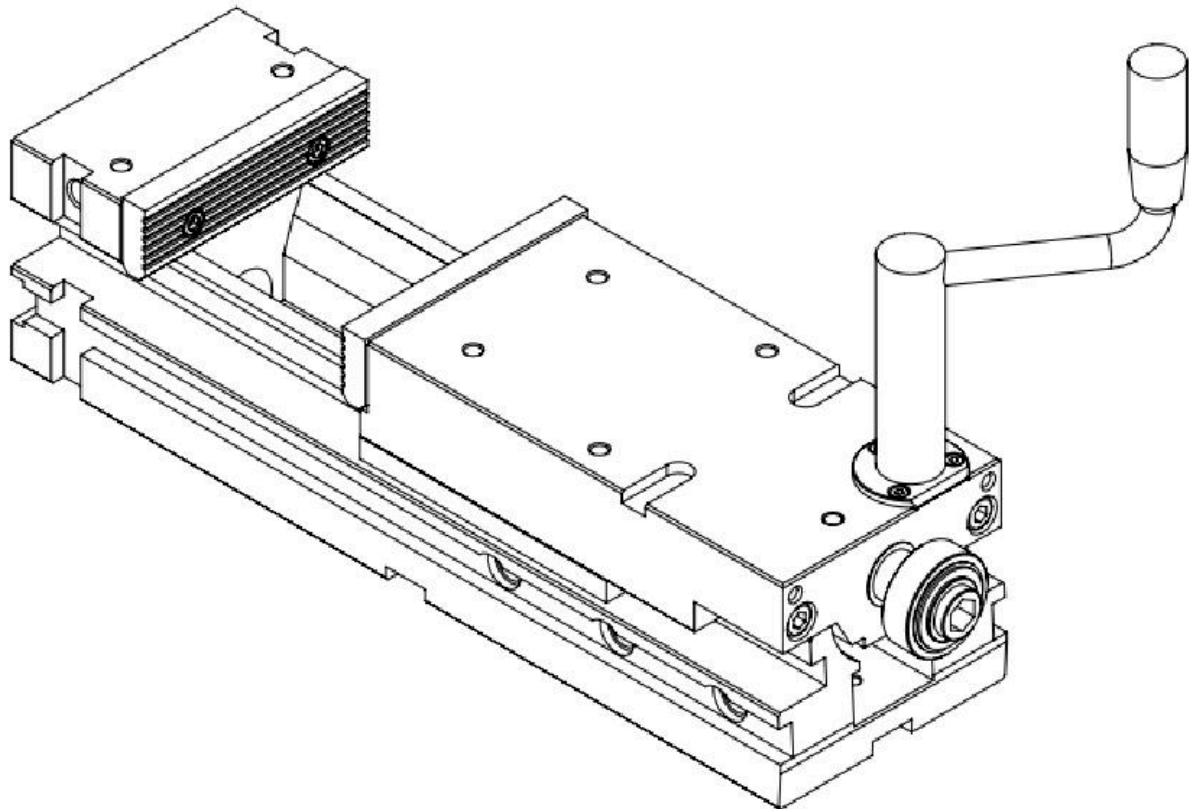
Підпис та дата

№в. № дробл.

Закінчить №в. №

Підпис та дата

№в. № провідн.

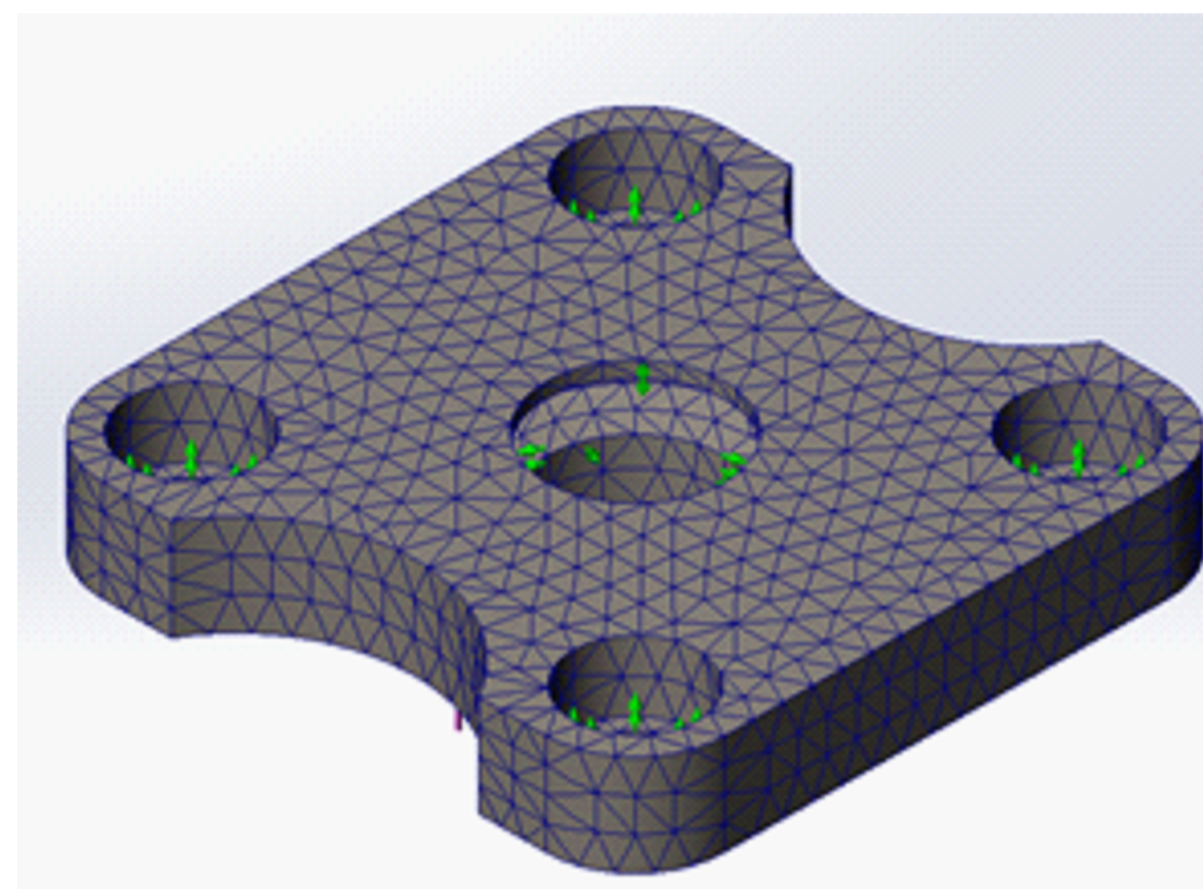


					MP.ПМКМ-17.02.000		
					ЗД Модель		
					Пристрою фрезерного		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Лит.	Маса	Масштаб
Розроб.		Луценко С.О.					1:1
Перев.		Роп'як Л.Я.					
Т. контр.					Аркуш	Аркцид	1
Н. контр.		Роп'як Л.Я.			ІФНТУНГ ПМКМ-24-1		
Затв.							

Копіював

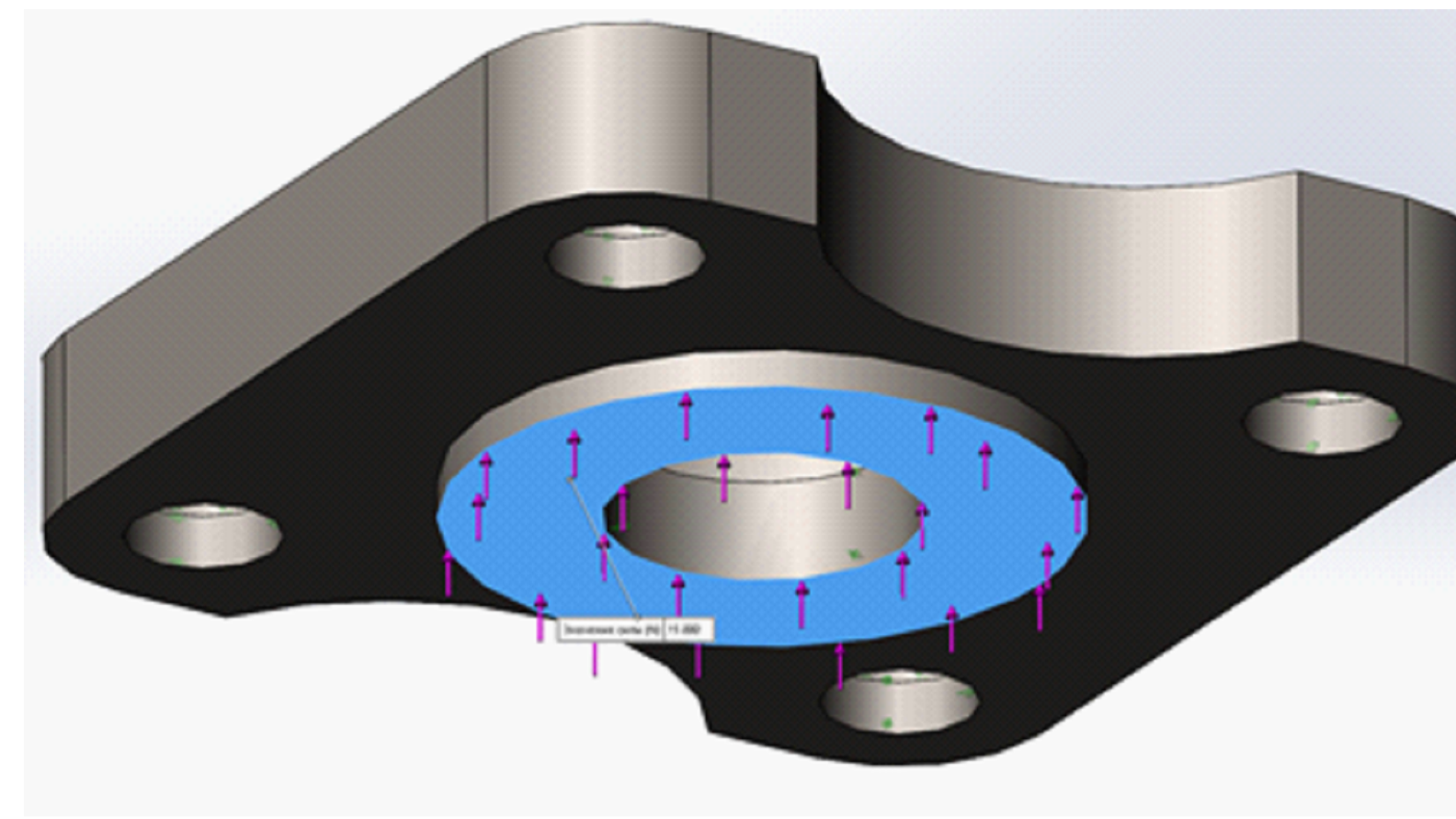
Формат А3

- Статический 1 (-По умолчанию-)
- Кришка (-[SW]AISI 1045 Сталь,
- Соединения
- Крепления
 - На цилиндрических гранях-2 (
 - На цилиндрических гранях-1 (
 - На плоских гранях-1 (-:0 mm)
- Внешние нагрузки
 - Сила-1 (-:На объект: 15 000 N)



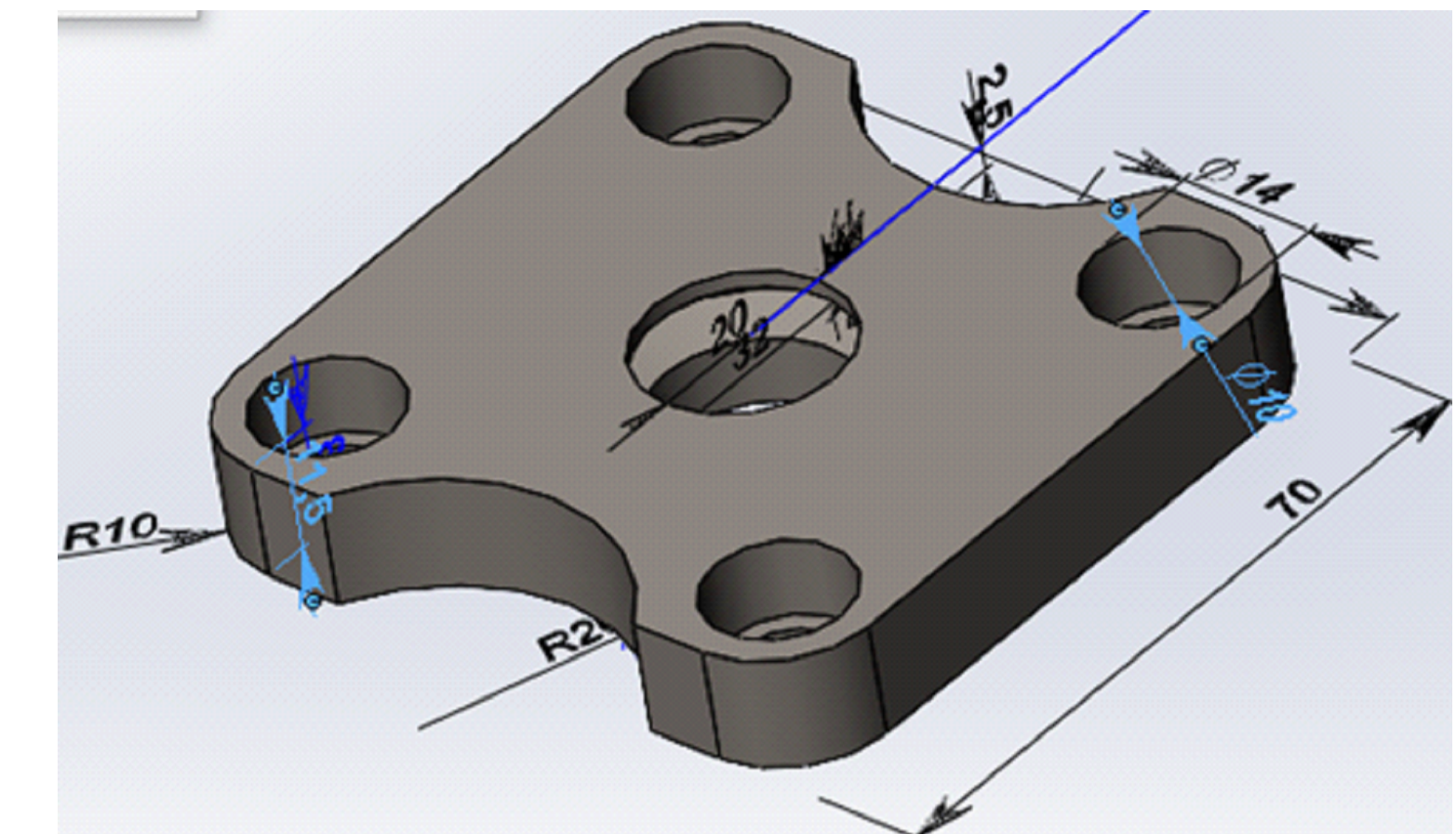
а

Дерево моделі (а) і сітка елементів (б) для статичної задачі

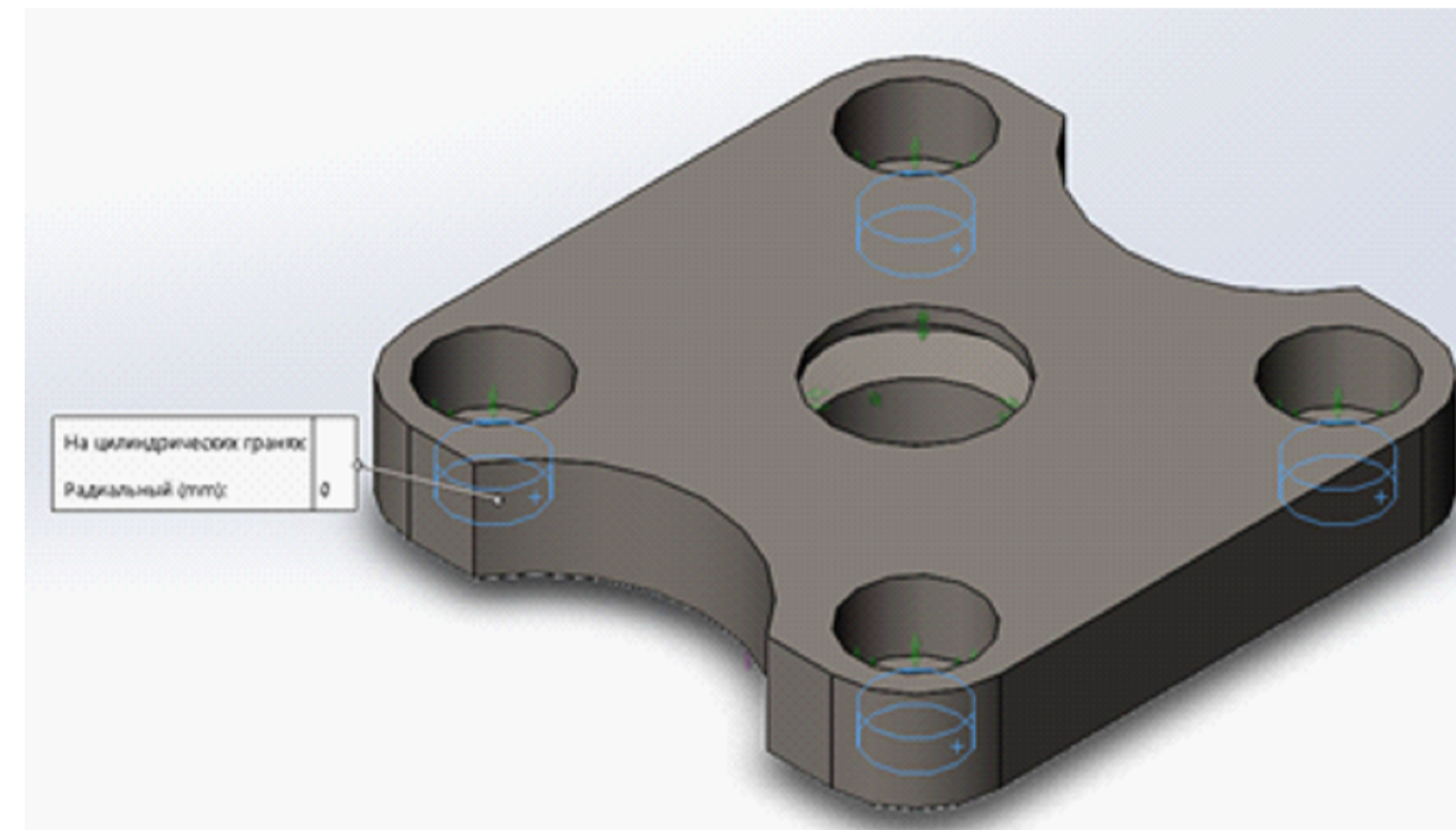


б

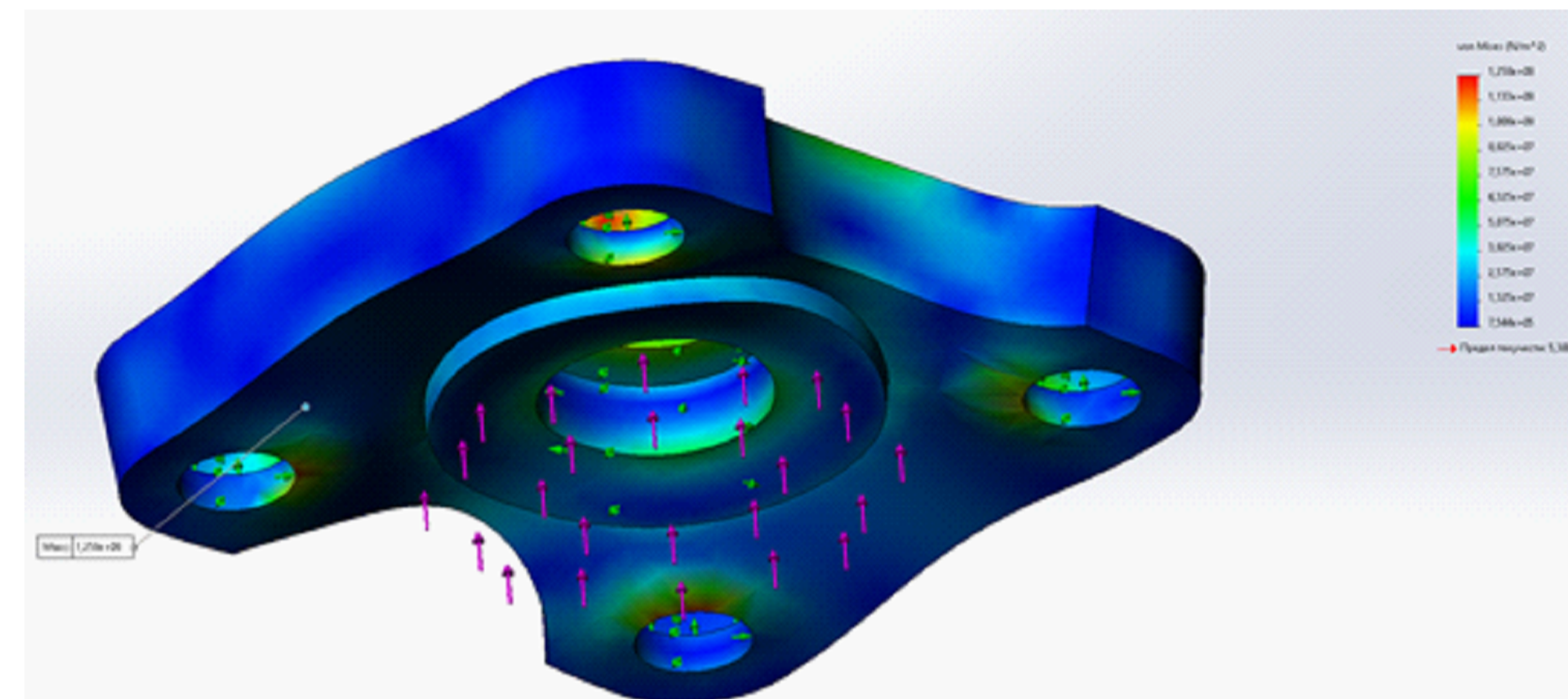
Зусилля яке діє на плоску поверхню діаметром 40 мм «15000 Н»



Параметри, що використовуються в дослідженні



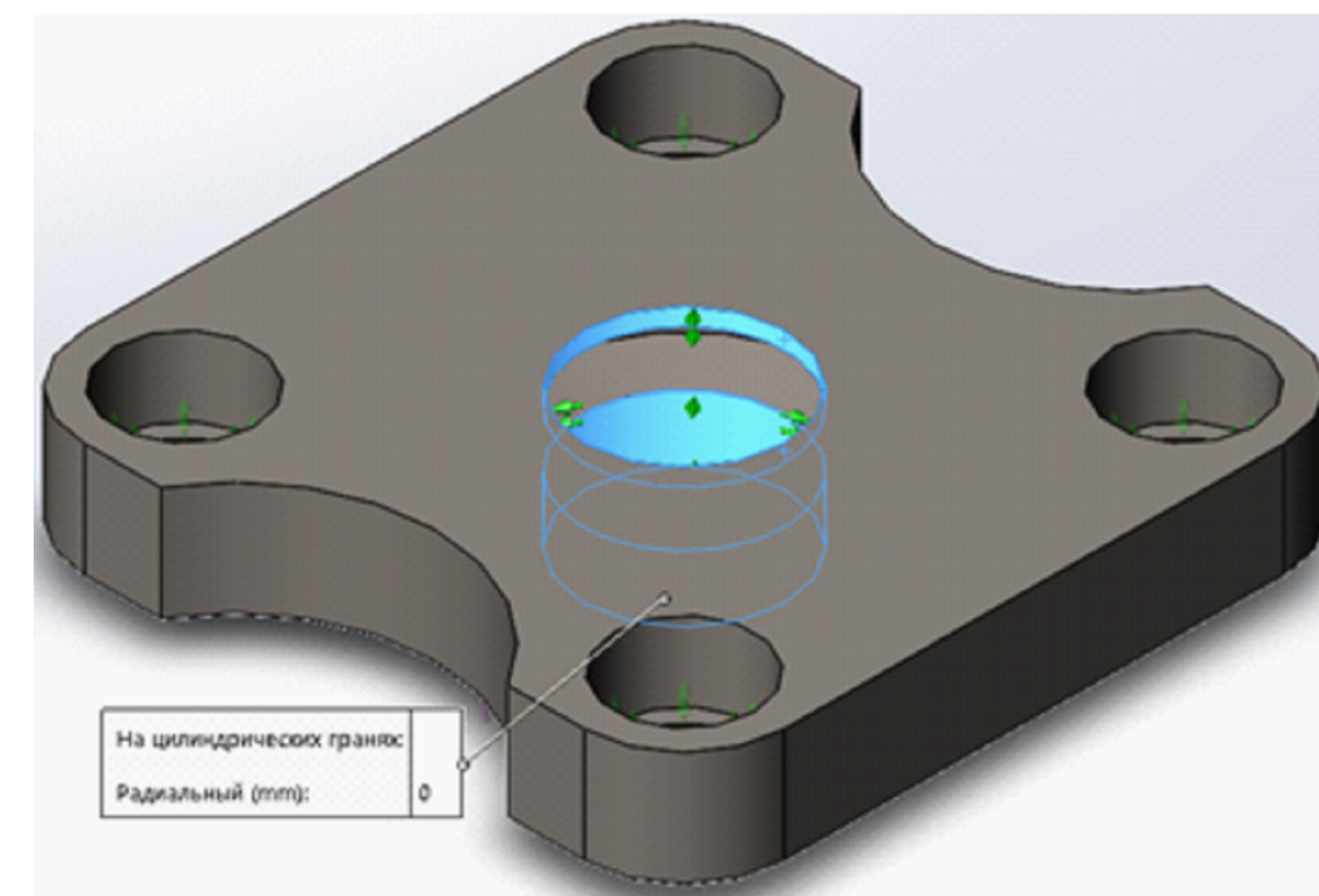
Граничні умови «На циліндричні поверхні»



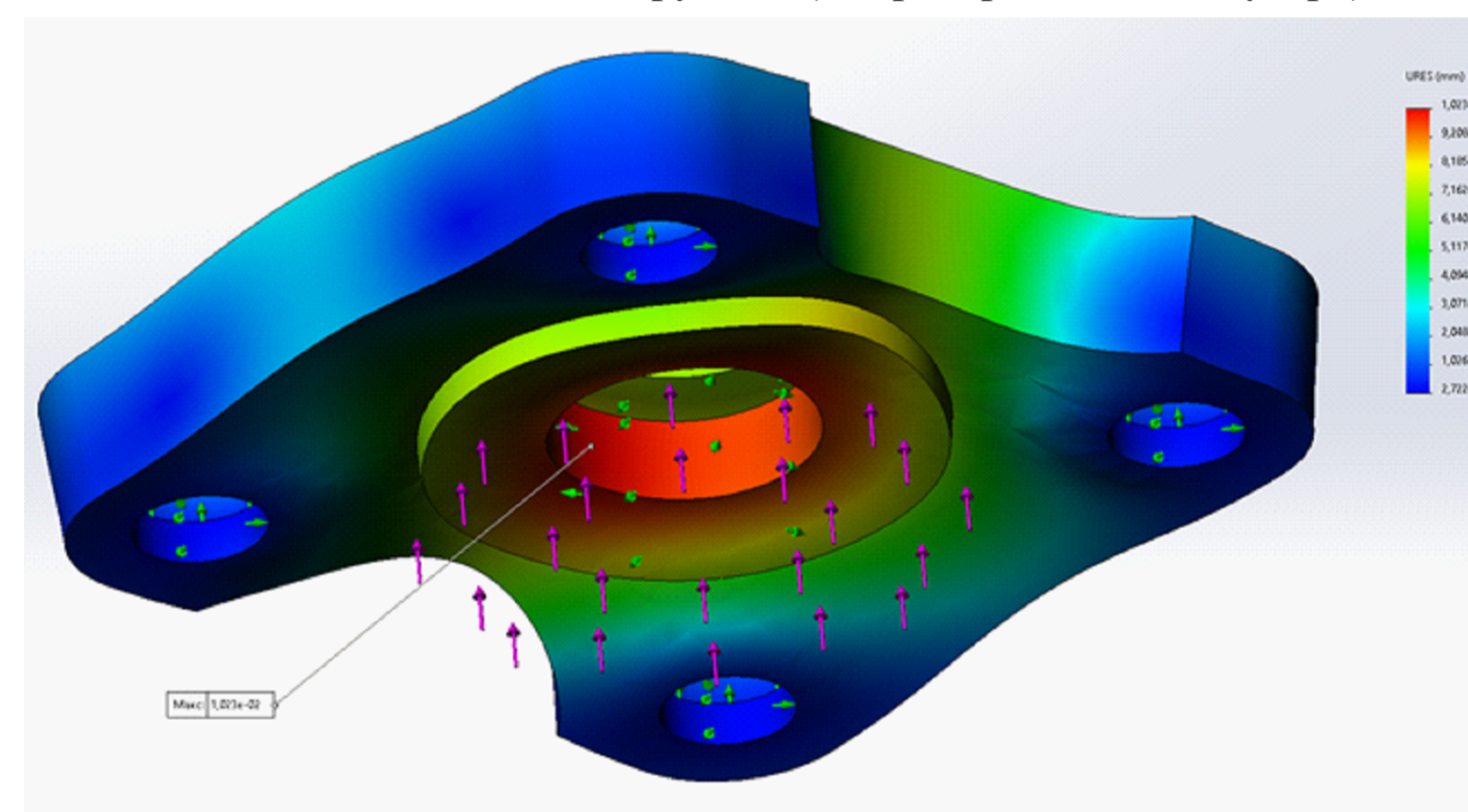
Розподіл еквівалентних напружень (за критерієм Мізеса-Губера), МПа



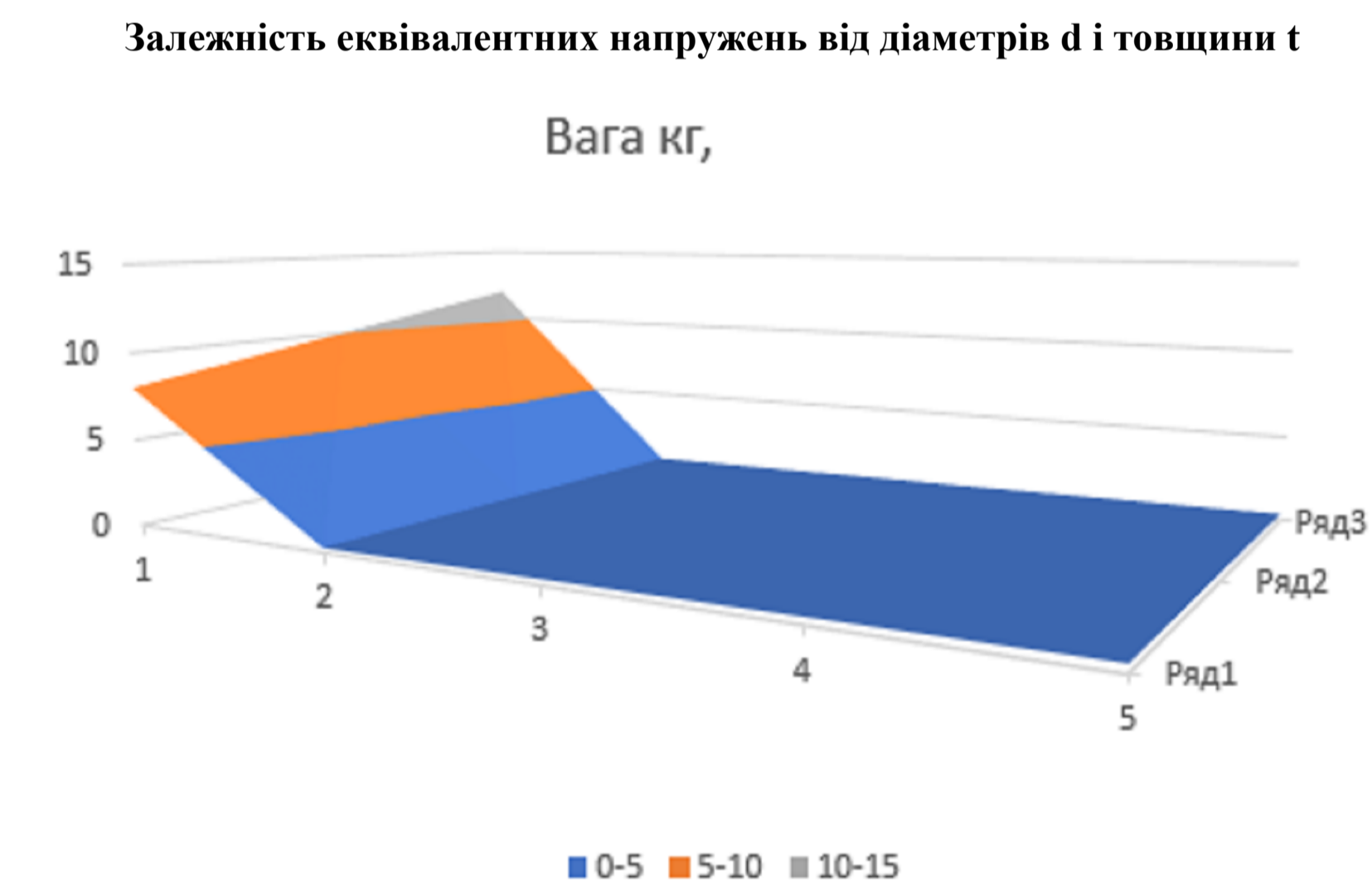
Залежність еквівалентних напружень від діаметрів d і товщини t



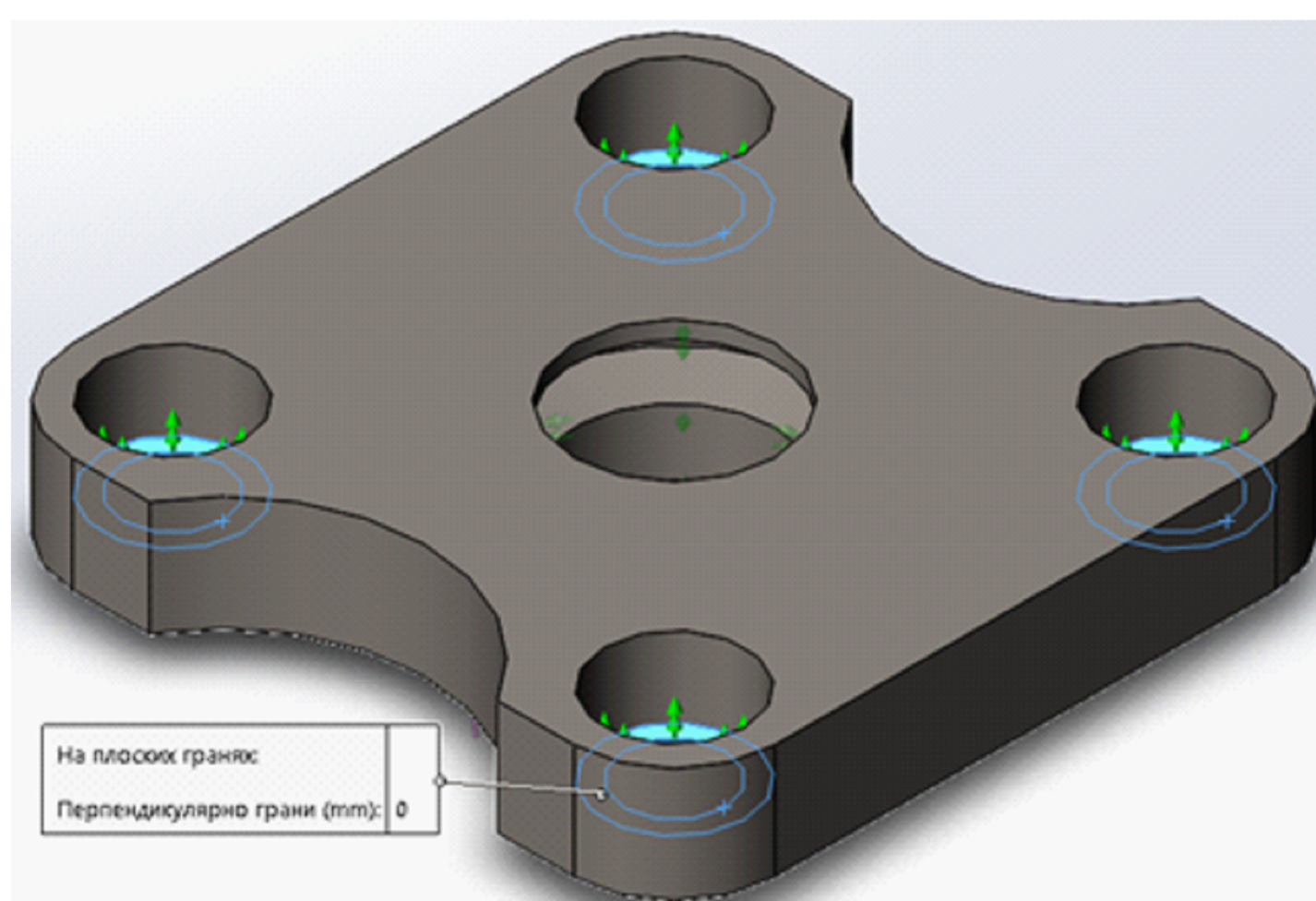
Граничні умови «На циліндричні поверхні»



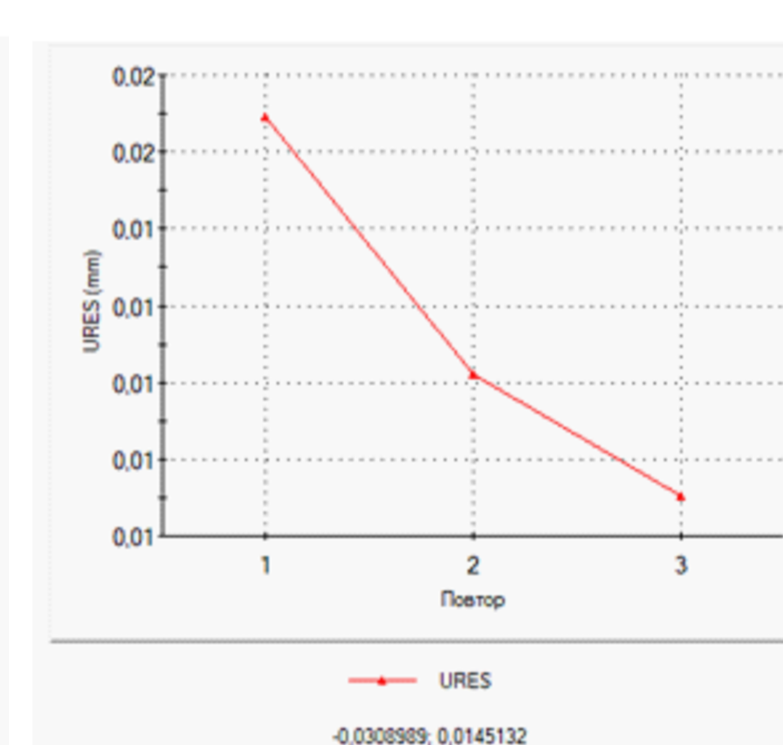
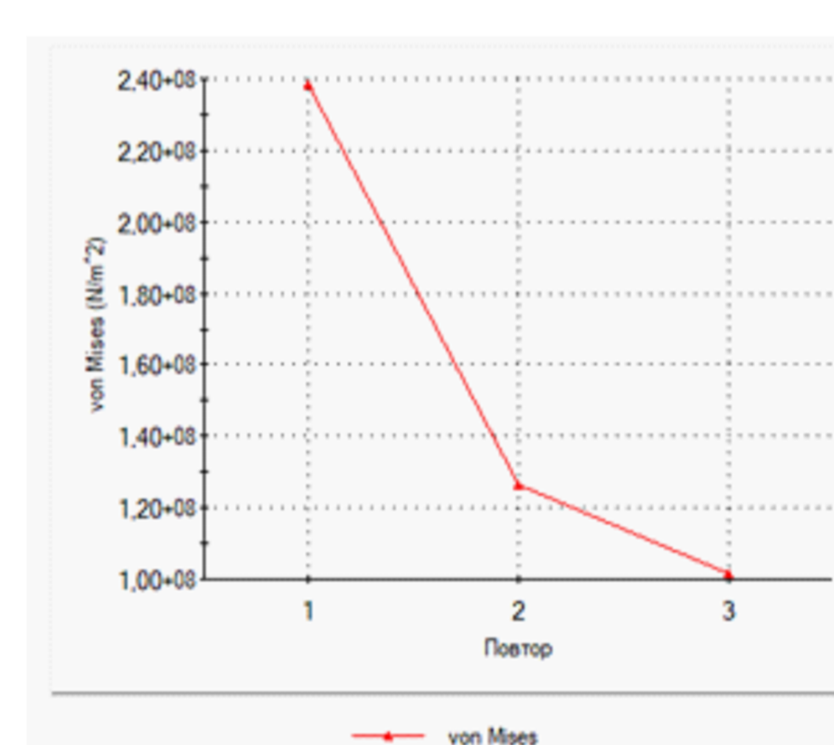
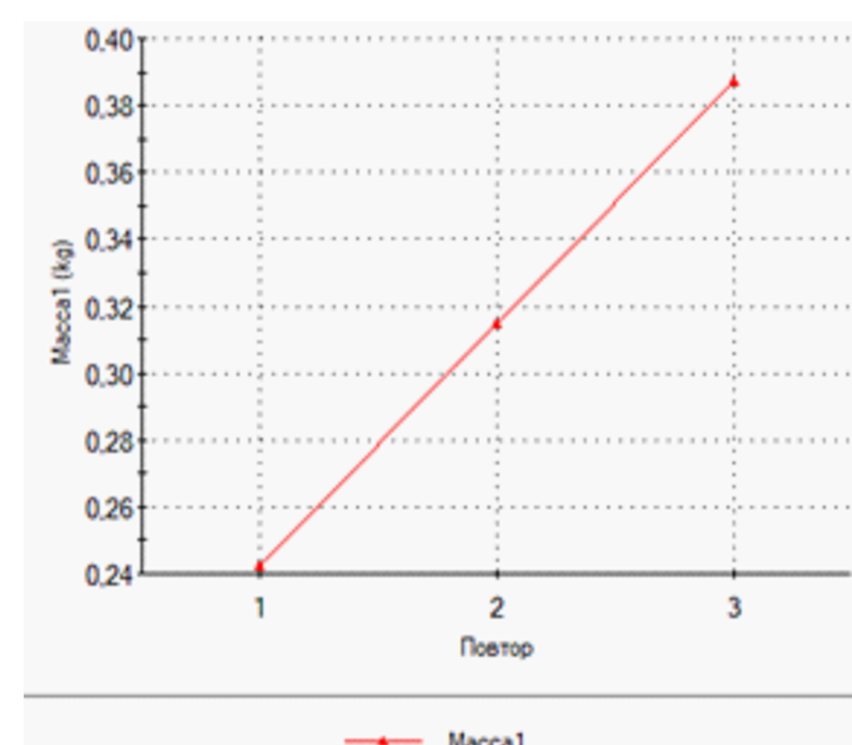
Сумарні переміщення (мм)



Залежність маси від діаметрів d і товщини t



Граничні умови «На плоскі поверхню»

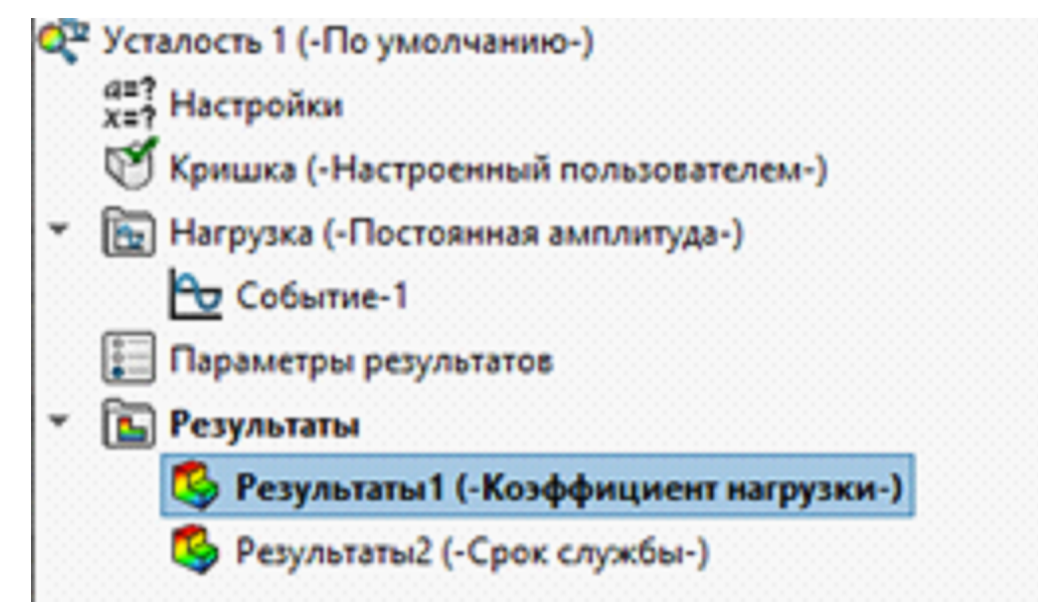


Підсумки параметричного вивчення «Виявити закономірність»

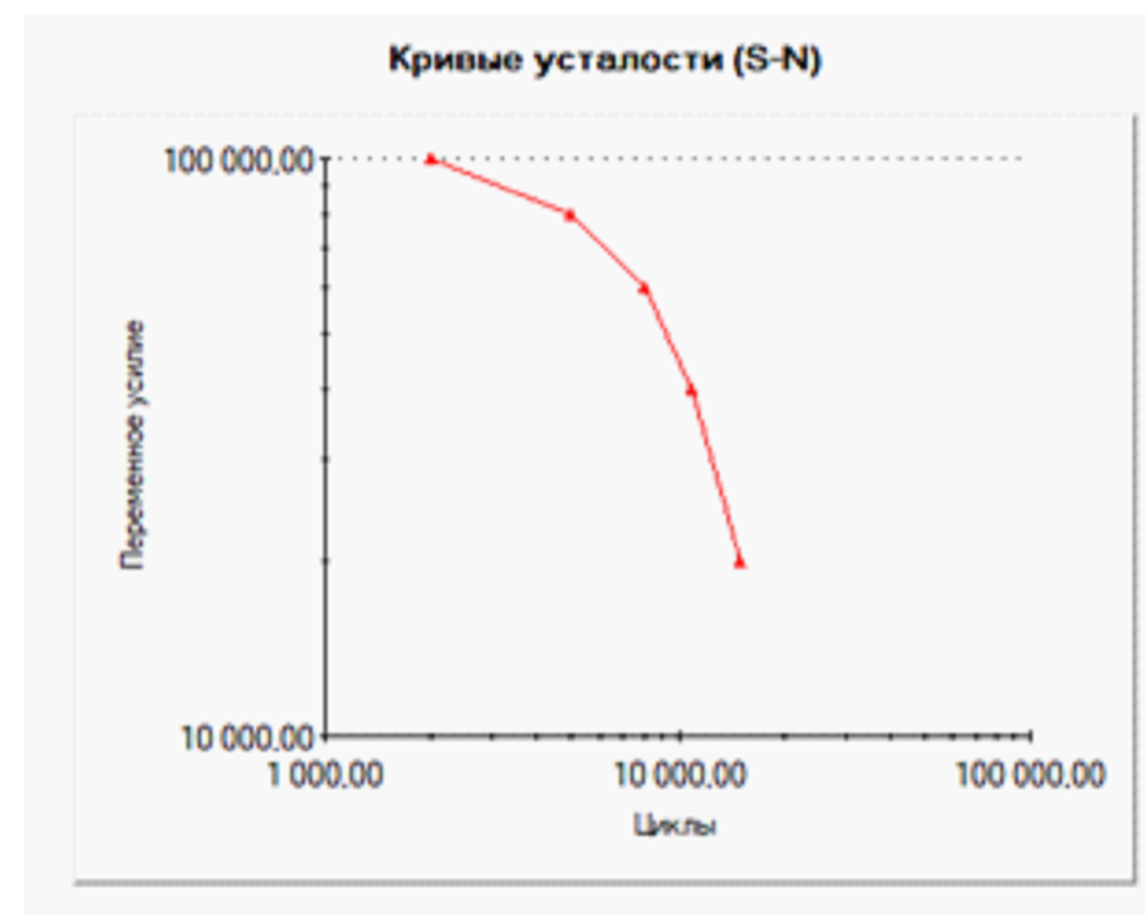
- Вываить тенденцию (-Повтор 3-)
- Журнал тенденций
- Масса1
- Напряжение1
- Перемещение1

				MP.ГМКМ-_.07.00.000		
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Параметричне дослідження конструкції деталі	
Разраб.	Луценко С.О					
Пров.	Ропяк Л.Я.					
Т. контр.	Ропяк Л.Я.					
Н. контр.	Ропяк Л.Я.				Лист	Листов
Утв.	Панчук В.Г.				ІФНТУНГ ГМКМ-24-1	

Обчислення циклічної довговічності деталі кришка

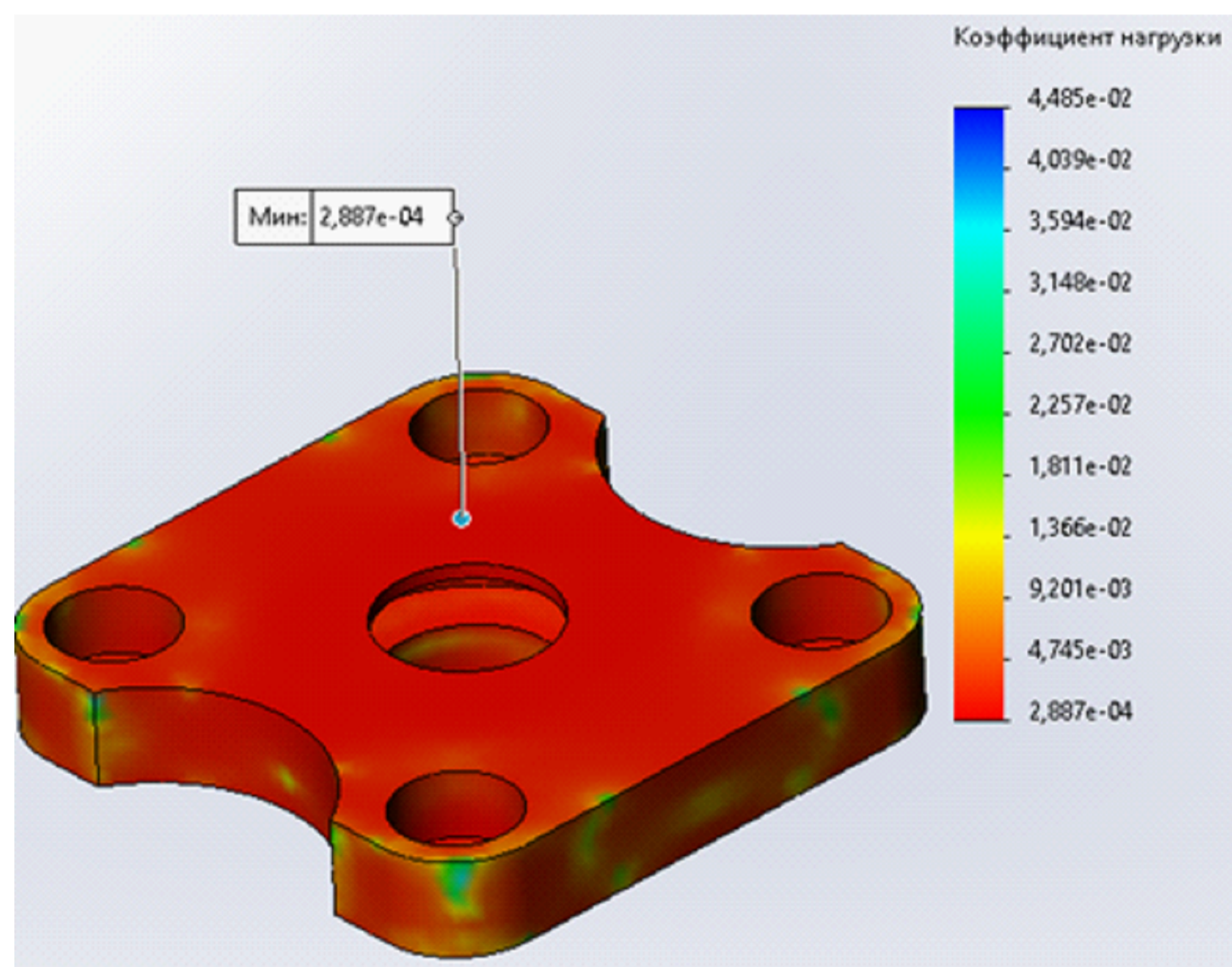


а



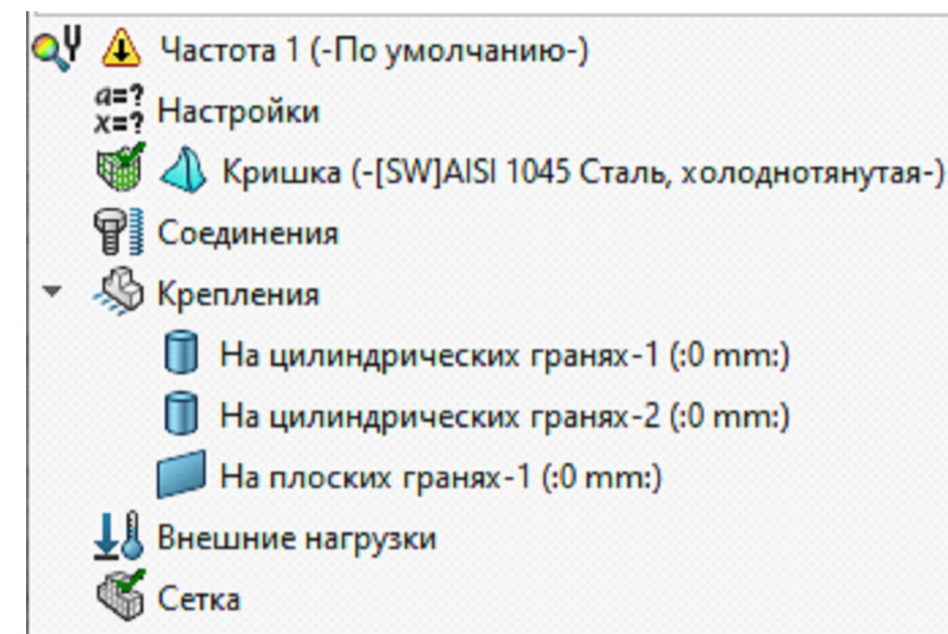
б

Вхідні дані і результати (а) та крива втоми для сталі 45 для R=0 (б)

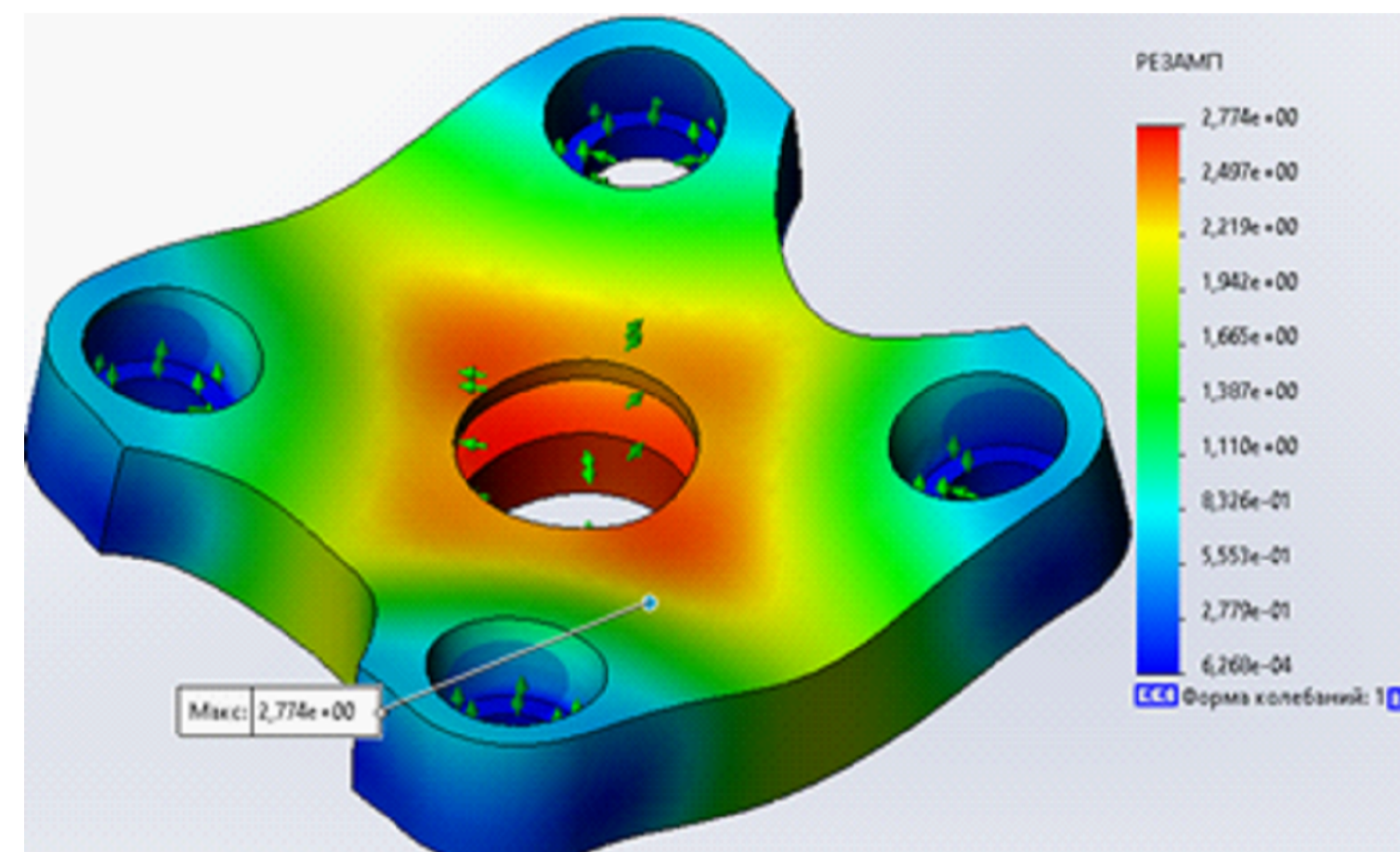


Коефіцієнт запаса втомної міцності деталі кришка

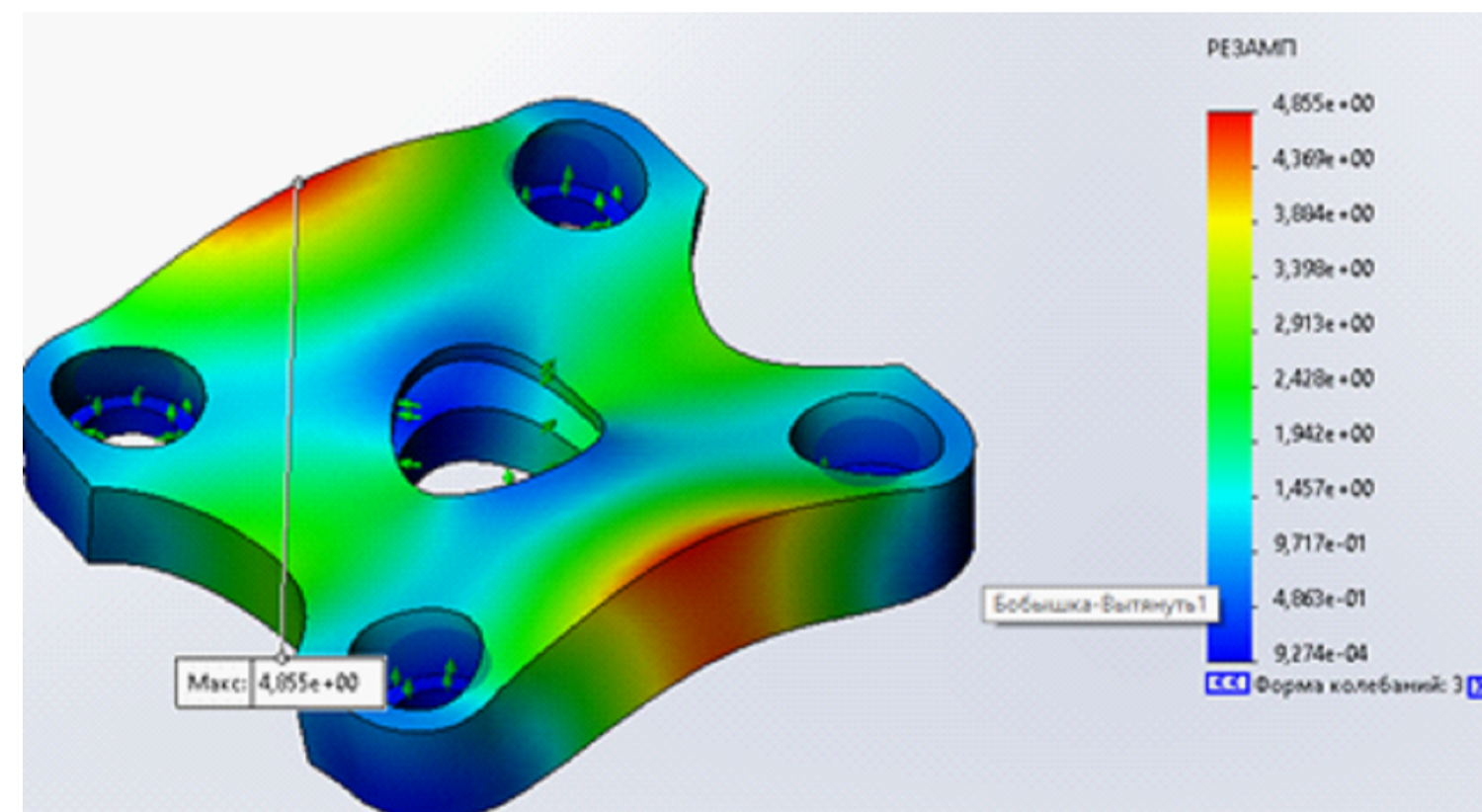
Аналіз лінійних вільних та вимушених гармонічних коливань



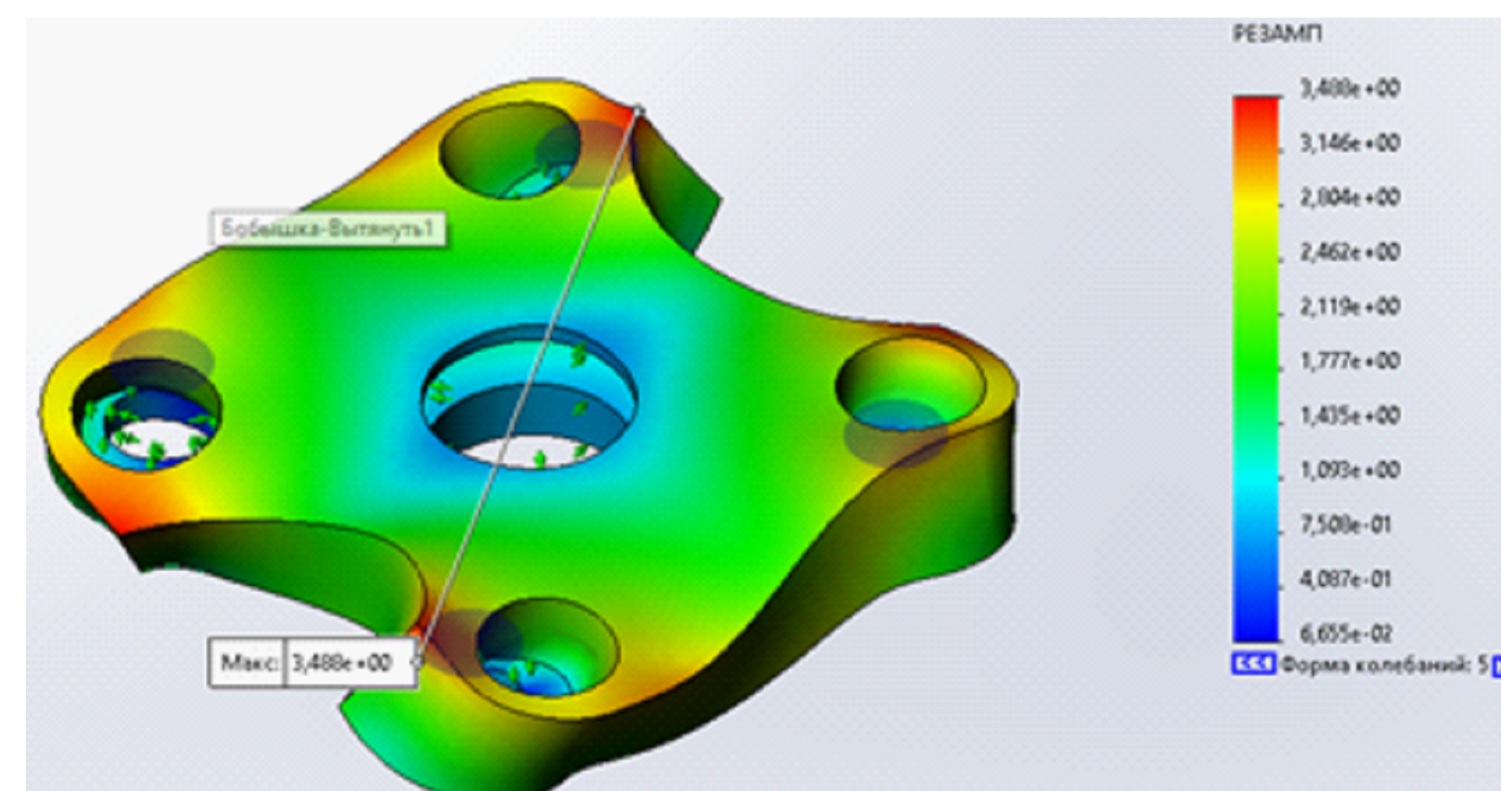
Вхідні дані для дослідження



а

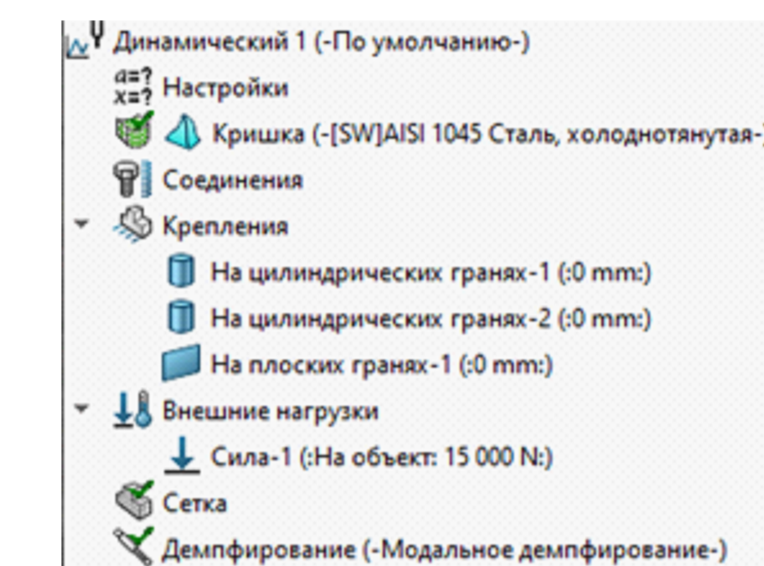


б

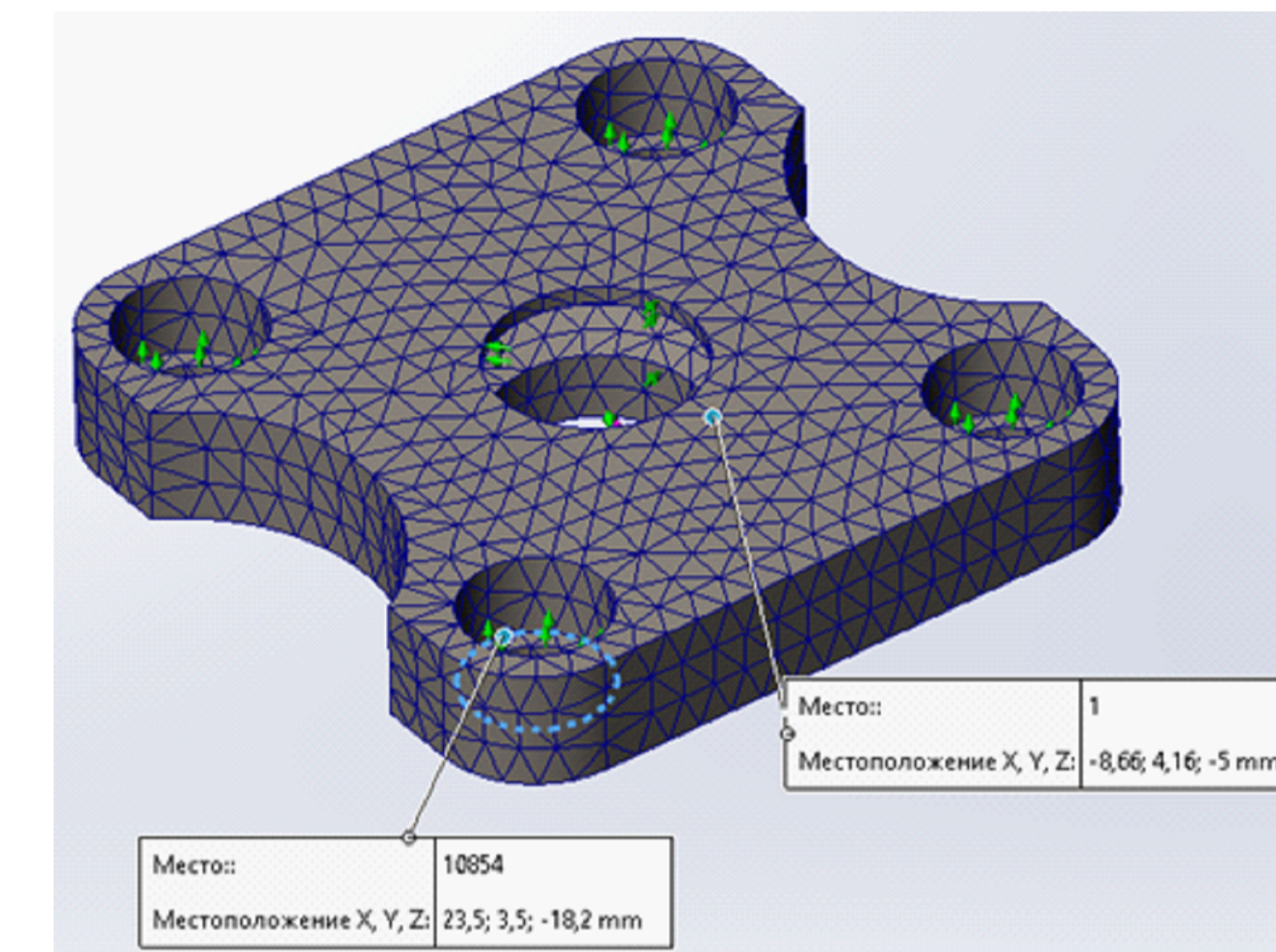


в

Форми вільних коливань деталі: а- 17 719 Гц, б-22 104Гц, в-27 241 Гц

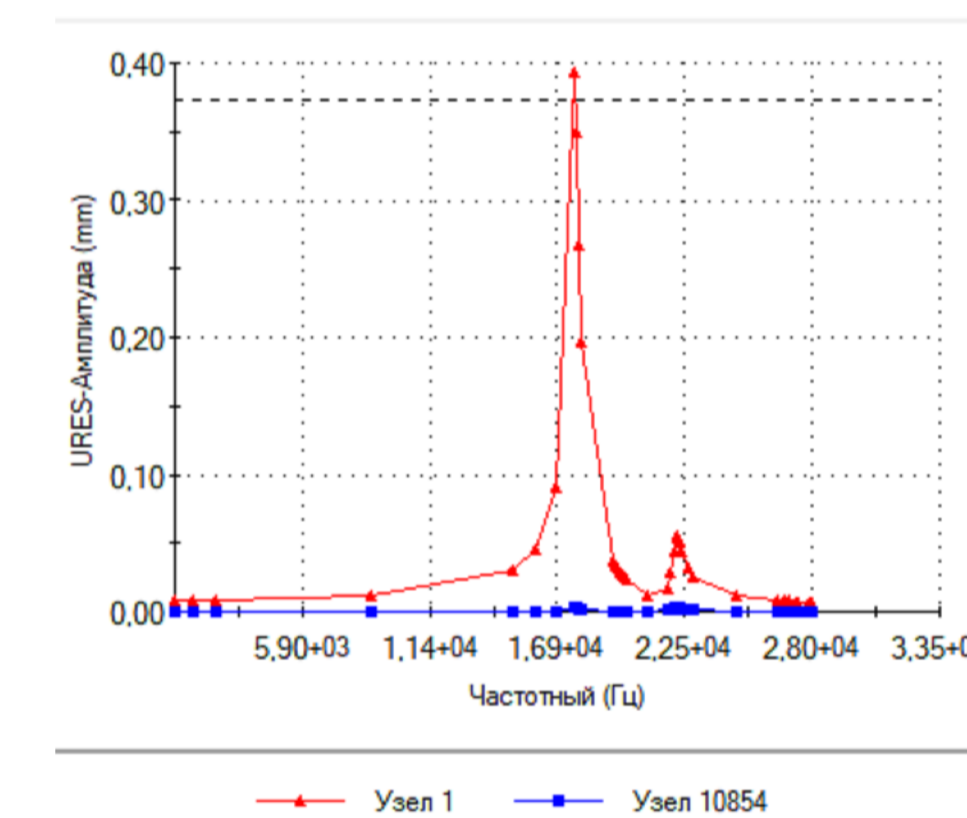


Вхідні дані для дослідження



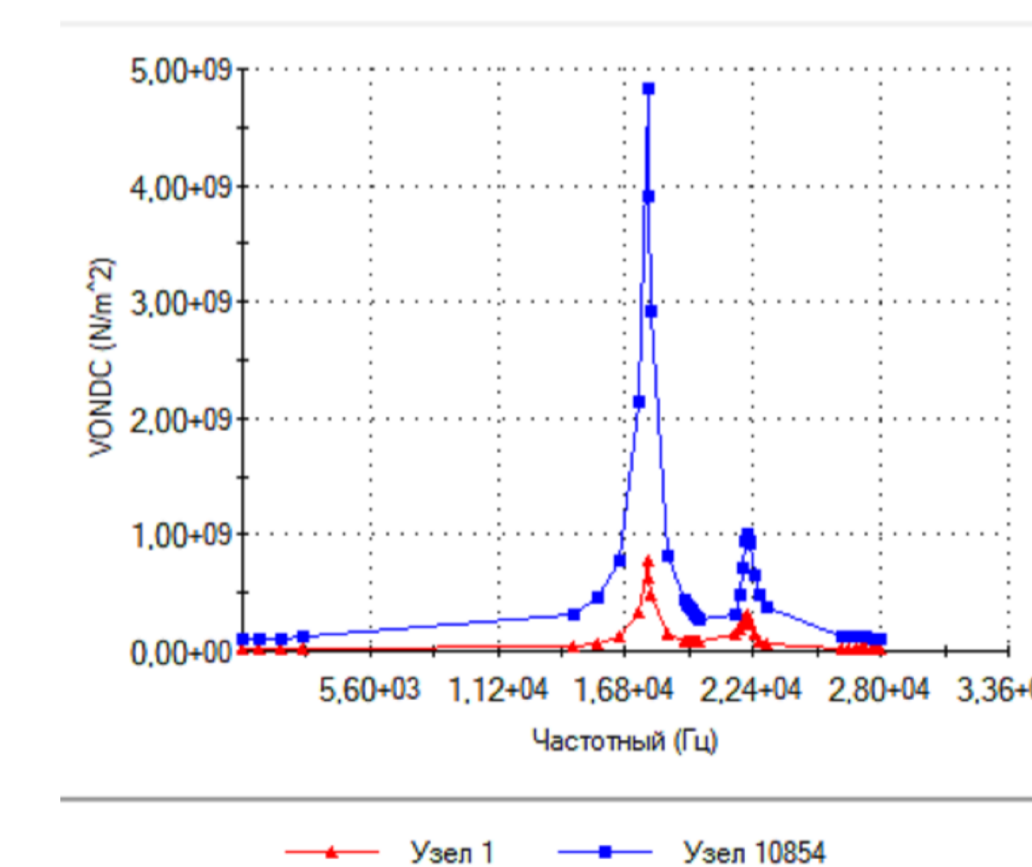
Обрані вузли для визначення амплітуди деформацій Даної деталі

График отклика



Амплітуда переміщень в вузлах деталі 1 і 10854

График отклика



Амплітуда еквівалентних напружень в вузлах деталі 1 і 10854

				MP.ПМКМ-.08.00.000				
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Обчислення циклічної довговічності деталі кришка 1	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Луценко С.О.			Анализ линейных вольных та вимушених гармонічних коливань деталі			
Пров.		Ропяк Л.Я.				Лист	Листов	
Т. контр.		Ропяк Л.Я.				ІФНТУНГ ПМКМ-24-1		
Н. контр.		Ропяк Л.Я.						
Утв.		Панчук В.Г.						

Перв. примен.

Справа. №

Подп. и дата

Изм. инв. №

Взам. инв. №

Подп. и дата

Изм. № подл.