

Магістерська робота

МР.ПМК_м – 011.00.00.000 ПЗ

Група ПМК_м-24-1

Кабан Андрій Володимирович

2025

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

МР.ПМКМ-011.00.00.000.ПЗ

Група ПМКМ-24-1

Кабан Андрій Володимирович

2025

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

Кабан Андрій Володимирович
(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 621.91
(індекс)

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

Технологічний процес виготовлення деталі «Гвинт натискний ПК 012007.817.1»

_____ (назва роботи)

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

131 – Прикладна механіка
(шифр і назва спеціальності)

А.В. Кабан

_____ (підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього ступеня)

Науковий керівник Онисько О.Р., проф., д.т.н. каф. КМВ.

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

Допущено до захисту

Завідувач кафедри

професор _____ Панчук В. Г.

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

Рецензент

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

Робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут інженерної механіки і робототехніки

Кафедра комп'ютеризованого машинобудування

Освітній рівень магістр

Спеціальність 131 – Прикладна механіка

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____

« ____ » _____ 20__ року

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Кабан Андрій Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Технологічний процес виготовлення деталі «Гвинт натискний ПК 012007.817.1»

Керівник роботи Онисько О.Р., проф., д.т.н. каф. КМВ.

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

затвержені наказом закладу вищої освіти від “05” листопада 2025 року № 694/7

2. Строки подання студентом роботи 13 грудня 2025р.

3. Вихідні дані до роботи: технічний кресленник деталі «Гвинт натискний ПК 012007.817.1»;
тип виробництва- середньосерійний.

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

1. Розробка технології виробництва деталі Гвинт натискний. 2. Розробка технологічної
оснастки. 3. Технологічне Оснащення. 4. Програмування оброки на верстаті з ЧПК 5.
Параметрична оптимізація конструкції деталі.

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

1. Креслення деталі «Гвинт натискний ПК 012007.817.1» – 1 лист А1. 2. Креслення пристрою
фрезерного – 1 лист А1. 3. модель пристрою фрезерного – 1 лист А1. 4. Вибір інструментів– 1
лист А1 5. Імітація обробки та код програми на операцію 030 та 040– 1 лист А1. 6. Імітація
обробки та код програми на операцію 050 – 1 лист А1. 7. Параметричне дослідження.
конструкції деталі – 1 лист А1. 8. Задача топологічної оптимізації конструкції Аналіз лінійних
вільних та вимушених гармонічних коливань деталі – 1 лист А1.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-5	<u>Онисько О.Р., проф., д.т.н. каф. КМВ.</u>		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітки
1	Розробка технології виробництва деталі Гвинт натискний	20.10.2025	
2	Розробка технологічної оснастки	05.11.2025	
3	Технологічне Оснащення	20.11.2025	
4	Програмування оброки на верстаті з ЧПК	01.12.2025	
5	Параметрична оптимізація конструкції деталі	10.12.2025	

Студент _____ Кабан А.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Онисько О.Р.
(підпис) (прізвище та ініціали)

“ ___ ” _____ 2025 р.

Реферат

Тема роботи: «Удосконалення технологічного процесу виробництва деталі «Гвинт натискний ПК 012007.817.1»».

Магістерська робота викладена на 88 аркушах основного тексту та містить додатки. Вона включає 64 ілюстрації (рисунок), 16 таблиць. При написанні роботи було проаналізовано та використано 11 літературних джерел.

Об'єкт дослідження: технологічний процес виготовлення деталі «Гвинт натискний ПК 012007.817.1» для умов середньо-серійного типу виробництва.

Предмет дослідження: Методичні підходи та інструментальні засоби, спрямовані на підвищення ефективності механічної обробки та забезпечення необхідної точності деталі «Гвинт натискний ПК 012007.817.1», зокрема шляхом інтеграції сучасного верстатного обладнання та систем числового програмного керування (ЧПК).

Мета роботи: Розробка раціонального технологічного маршруту виготовлення заданої деталі для середньо-серійного типу виробництва з впровадженням сучасного високопродуктивного обладнання, інструментарію та систем автоматизованого програмування, що гарантують високий рівень точності, продуктивності та економічної доцільності обробки.

Методи дослідження: Для досягнення поставленої мети використовувався комплексний підхід, що включає: аналітичні методи технологічного проектування, розрахункові методи оптимізації, комп'ютерне моделювання ключових етапів механічної обробки, параметричний аналіз, топологічну оптимізацію конструктивних особливостей деталі.

Практичне значення отриманих результатів: Запропонований та апробований технологічний процес має високий потенціал для впровадження на діючих машинобудівних підприємствах. Хоча в описі зазначено тип деталі «вал-зірочка», розроблені принципи застосовні до широкого спектру подібних деталей. Використання сучасного обладнання з ЧПК та оптимізація режимів різання дозволить підприємствам досягти значного підвищення точності

продукції, зниження загальної трудомісткості виробництва та зменшення собівартості готових виробів.

У технологічній частині проведено комплексний аналіз вихідних даних: вивчено призначення та конструкцію деталі, виконано оцінку її технологічності, визначено планову програму випуску. Обґрунтовано вибір раціональних методів обробки основних поверхонь та визначено оптимальний спосіб отримання заготовки. Проектування технологічного маршруту виконано із застосуванням розрахунково-аналітичних методів нормування припусків та міжопераційних розмірів.

Конструкторська частина включає розробку спеціалізованого допоміжного пристрою (фрезерного) для виконання операції 050. В рамках цього розділу здійснено розрахунок режимів різання, визначено необхідні сили затиску, а також розраховано коефіцієнт уніфікації пристрою.

Розділ вибору технологічного оснащення присвячений підбору сучасного високотехнологічного обладнання. Зокрема, було обрано різальний інструмент виробництва Sandvik Coromant, а також низку верстатів для механічної обробки: фрезерно-центрувальний верстат NEO TECH NTC-FC10100, токарно-гвинторізний верстат з ЧПК Bernardo SK 360 x750, та вертикально-фрезерний верстат з ЧПК Knuth X.mill 400.

У програмній частині розроблено необхідні керуючі програми для систем ЧПК. Проведено віртуальне моделювання процесу обробки в САМ-середовищі для підтвердження коректності програми.

Проведено параметричне дослідження конструктиву деталі, яке охоплює топологічну оптимізацію та аналіз власних і вимушених коливань, що підтверджує необхідний запас міцності та надійність кінцевого виробу.

Ключові слова: технологічний процес, механічна обробка, режими різання, припуски, якість поверхні, технологічне оснащення, імітаційне моделювання, тривимірна модель, деформації, напруження, коливання.

Студент Кабан А.В.

Summary

Thesis topic: 'Improvement of the technological process for manufacturing the 'PC 012007.817.1 Pressure Screw'.'

The master's thesis consists of 88 pages of main text and includes appendices. It includes 64 illustrations (figures) and 16 tables. Eleven literary sources were analysed and used in writing the thesis.

Object of research: the technological process of manufacturing the 'PC 012007.817.1 pressure screw' part for medium-scale production.

Subject of the study: Methodological approaches and instrumental means aimed at improving the efficiency of mechanical processing and ensuring the necessary accuracy of the 'PC 012007.817.1 pressure screw' part, in particular through the integration of modern machine tools and numerical control (NC) systems.

Purpose of the work: Development of a rational technological route for the manufacture of a given part for medium-series production with the introduction of modern high-performance equipment, tools and automated programming systems that guarantee a high level of accuracy, productivity and economic feasibility of processing.

Research methods: A comprehensive approach was used to achieve this goal, including: analytical methods of technological design, calculation methods of optimization, computer simulation of key stages of machining, parametric analysis, and topological optimization of the structural features of the part.

Practical significance of the obtained results: The proposed and tested technological process has high potential for implementation in existing machine-building enterprises. Although the description mentions the part type "shaft-sprocket" (likely an error in the original text, as the title mentions "thrust screw"), the developed principles are applicable to a wide range of similar parts. The use of modern CNC equipment and optimization of cutting conditions will allow enterprises to achieve a significant increase in product accuracy, a reduction in overall production labor intensity, and a decrease in the cost of finished products.

In the technological part, a comprehensive analysis of the initial data was carried out: the purpose and design of the part were studied, its manufacturability was

assessed, and the planned production program was determined. The choice of rational methods for processing the main surfaces was substantiated, and the optimal method for obtaining the blank was identified. The design of the technological route was performed using computational and analytical methods for normalizing allowances and interoperative dimensions.

The design part includes the development of a specialized auxiliary device (milling) for operation 050. Within this section, cutting conditions were calculated, the necessary clamping forces were determined, and the device's unification coefficient was also calculated.

The section on the selection of technological equipment is dedicated to the selection of modern, high-tech equipment. In particular, a cutting tool manufactured by Sandvik Coromant was selected, as well as a number of machine tools for machining: the NEO TECH NTC-FC10100 milling-centering machine, the Bernardo CK 360 x750 CNC lathe, and the Knuth X.mill 400 vertical milling machine.

In the software part, the necessary control programs for CNC systems were developed. Virtual simulation of the machining process was performed in a CAM environment to confirm the correctness of the program.

A parametric study of the part's design was conducted, covering topological optimization and analysis of natural and forced vibrations, which confirms the necessary safety margin and reliability of the final product.

Keywords: technological process, machining, cutting conditions, allowances, surface quality, technological equipment, simulation modeling, three-dimensional model, deformations, stresses, vibrations.

Student: Kaban A.V.

Зміст

Вступ.....	2
1 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛІ «ГВИНТ НАТИСКНИЙ».....	3
1.1 Опис призначення та конструкції деталі	3
1.2 Точність, шорсткість поверхонь і їх взаємне розміщення	5
1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі «Гвинт натискний».....	7
1.4 Визначення програми виробництва деталей та кількості деталей в партії...	10
1.5 Методи обробки кожної поверхні для досягнення заданої точності і шорсткості	11
1.6 Розрахунок припусків на обробку та вибір діаметру прокату.....	13
1.7 Проектування технологічного процесу виготовлення деталі «Гвинт натискний »	16
2. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОСНАСТКИ.....	20
2.1 Опис конструкції і призначення пристрою на фрезерну 050.....	20
2.2 Розрахунок сили затиску деталі Гвинт натискний	20
2.2 Визначення точності пристрою для обробки.....	25
3. ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОСНАЩЕННЯ.....	26
3.1 Опис верстатів	26
3.2 Вибір різального інструменту	32
4. ПРОГРАМУВАННЯ ОБРОБКИ НА ВЕРСТАТІ З ЧПК.....	47
4.1 Моделювання деталі «Гвинт натискний ПК 012007.817.1»	47
4.1 Внесення технічних характеристики інструментів і верстату для операції 030 та 040.....	47
4.2 Створення керуючої програми обробки на операцію 030.	51
4.3 Створення керуючої програми обробки на операцію 040.	56
4.4 Внесення технічних характеристики інструментів і верстату для операції 050.	59
4.5 Створення керуючої програми обробки на операцію 050.	62
5. ПАРАМЕТРИЧНА ОПТИМІЗАЦІЯ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ.....	71
5.1 Обчислення циклічної довговічності деталі гвинт натискний.	80
5.2 Аналіз лінійних вільних та вимушених гармонічних коливань	82
Список використаних джерел.....	87
Висновки.....	88
Додатки	89

					МР.ПМКм-011.00.00.000 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Кабан А.В.			Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Онисько О.Р.				1	92	
Рецензент						ІФНТУНГ ПМКм-24-1		
Затверд.		Панчук В.Г.						

Вступ

Сучасна інженерія машинобудування характеризується активним впровадженням інноваційних, високопродуктивних методів обробки матеріалів, комплексною автоматизацією виробничих процесів, а також застосуванням обладнання з числовим програмним керуванням (ЧПК). Ці ключові напрямки обумовлюють необхідність безперервного вдосконалення технологічних операцій з виробництва деталей, підвищення їхньої точності, надійності та економічної ефективності.

Ключовим напрямком зростання продуктивності в галузі машинобудування є розробка оптимальних технологій обробки комплектуючих. Це досягається завдяки інтеграції сучасних підходів до проектування, моделювання та оптимізації. Використання комплексних систем автоматизованого проектування (CAD/CAM/CAE) дозволяє не тільки підвищити якість конструкторських та інженерних рішень, але й значно скоротити терміни створення нової продукції.

В умовах посиленних вимог до точності, довговічності та ресурсу машин особливого значення набуває забезпечення стабільної якості таких компонентів, як «вал-зірочка», що широко використовуються в приводних та передавальних механізмах. Оскільки ці деталі функціонують під впливом циклічних навантажень і сил кручення, до них висувуються жорсткі вимоги щодо міцності, жорсткості, зносостійкості та точності взаємного розташування поверхонь. Навіть незначні відхилення від заданих параметрів можуть спричинити передчасний вихід з ладу суміжних елементів або зниження загальної ефективності роботи системи.

Модернізація технологічних процесів виготовлення деталей типу «вал-зірочка» передбачає не лише вибір оптимальних параметрів різання та логічної послідовності обробки поверхонь, але й впровадження інноваційних методів базування, використання високоякісного інструментарію та технологічного оснащення. Вагому роль у цьому процесі відіграє обладнання з ЧПК, яке гарантує стабільність геометричних розмірів, мінімізує час на переналагодження та забезпечує високу точність виробництва.

					МР.ПМКМ-011.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

1 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛІ «ГВИНТ НАТИСКНИЙ»

1.1 Опис призначення та конструкції деталі

Гвинт натискний ПК 012007.817.1 призначений для створення контрольованого притискного зусилля у механічних системах. Він забезпечує фіксацію, регулювання або встановлення деталей у необхідному положенні за рахунок тиску, що передається через різьбовий механізм. Подібні гвинти широко застосовуються у затискних, опорних та регулювальних вузлах.

Призначення деталі:

- Здійснює точне позиціонування елементів у збірці.
- Фіксує деталі за рахунок притискання торцевої поверхні.
- Дозволяє налаштувати положення деталей без повного демонтажу вузла.
- Забезпечує надійність фіксації та стійкість до осьових навантажень.

Її конструкція - різьбова частина, натискний кінець та робочі поверхні - забезпечує плавне передавання зусилля та зменшує ризик деформації контактних поверхонь.

З правого торця деталі на довжині 263,5 мм нарізана різьба Tr42x7 — це метрична трапецеїдальна різьба. Основні параметри цього типу різьби:

Tr — позначення трапецеїдального профілю різьби (кут профілю становить 30°).

42 — номінальний діаметр різьби в міліметрах (зовнішній діаметр).

7 — крок різьби в міліметрах.

Трапецеїдальні різьби широко застосовуються в механізмах, де потрібна передача значних осьових сил і перетворення обертального руху в поступальний, наприклад, у ходових гвинтах верстатів (токарних, фрезерних), гвинтових пресах, домкратах та лещатах. Вони характеризуються високою несучою здатністю та добрим самогальмуванням.

Термічна обробка (гартування) деталі

Матеріал гвинта - сталь 45 за ДСТУ 7809:2015, яка добре піддається термічній обробці та використовується для деталей, що працюють під помірними

					МР.ПМКМ-011.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

навантаженнями.

Дана деталь має твердість 167...207 НВ - це твердість після термічної обробки. Така твердість характерна для покращення (гартування + високий відпуск).

Схема виконання термообробки гвинта натискного:

Гартування (основний етап):

- Деталь нагрівають до температури 820–850°C,
- витримують до повного прогріву,
- швидко охолоджують у воді або машинній оливі.

Мета: підвищення міцності, зносостійкості та опірності до деформацій.

Високий відпуск:

- Нагрів до 500–600°C,
- повільне охолодження на повітрі.

Мета: зняття внутрішніх напружень після гартування, досягнення необхідної пластичності та твердості (16...207 НВ).

Після покращення сталь 45 набуває оптимального балансу міцності та в'язкості, що робить її придатною для роботи в умовах навантажень, які характерні для натискних гвинтів.

Ескіз валу зображено на рисунку 1.1.

Хімічний склад та механічні властивості Сталі 45 наведено в таблицях 1.1 та 1.2.

Таблиця 1.1 - Хімічний склад сталі 45 ДСТУ 7809:2015.

С %	Mn %	Cr	S	P	Cu	Ni	As
			Не більше, %				
0,45	0,17-0,37	0,5-0,8	0,025	0,025	0,03	0,03	-

Таблиця 1.2 - Механічні властивості сталі 45 ДСТУ 7809:2015.

Марка матеріалу	Твердість по Брінелю НВ, не більше	Границя міцності при розтязі, σв МПа	Пластичність Ψ, %	Відносне видовження, δ, %
Сталь 45	229	650	40	16

					МР.ПМКМ-011.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

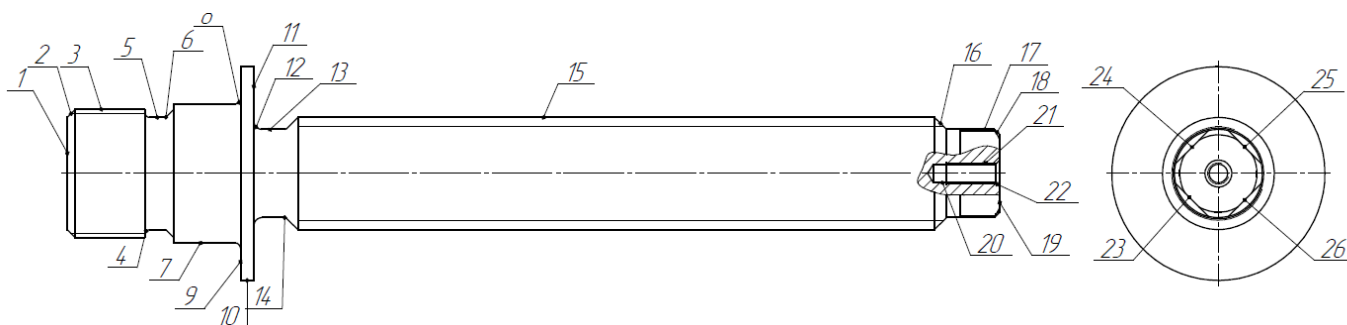


Рисунок 1.1 – Ескіз деталі гвинт натискний з нумерацією поверхонь

Таблиця 1.3 Характеристика матеріалу сталь 45 ДСТУ 7809:2015

Марка:	45
Замінник:	40Х, 50, 50Г2
Класифікація:	Сталь конструкційна вуглецева якісна
Застосування:	Для виготовлення осей, колінчастих та розподільних валів, кронштейнів, штоків, плунжерів, зубчастих шестерень та коліс, болтів та гайок підвищеної міцності та із середніми показниками в'язкості металу. Для деталей, що експлуатуються без ударних навантажень і схильних до підвищеного зносу. Для металовиробів із підвищеною твердістю поверхні.

1.2 Точність, шорсткість поверхонь і їх взаємне розміщення

Деталь «Гвинт натискний ПК 012007.817.1» виконана у вигляді ступінчастого тіла обертання, з одного боку якого нарізана метрична різь, а з другого-трапецеїдальна різь. Проаналізуємо точність та шорсткість кожної поверхні деталі згідно рис.1.1.

Таблиця 1.4 - Шорсткість поверхонь і їх взаємне розміщення, та точність.

№ поверхні	Класифікація поверхні	Розмір та точність поверхні	Точність форми і розміщення	Шорсткість мкм
1,19	Торцеві	350 h14 (-1,4)	Особливих вимог немає	Ra 6,3

					MP.ПМКМ-011.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

2	Фаска	3x45° h14	Особливих вимог немає	Ra 6,3
3	Різьбова	M48x3-8g	Особливих вимог немає	Ra 3.2
4	Радіус скруглення	R 2 h14	Особливих вимог немає	Ra 6,3
5	Зовнішня циліндрична	$\varnothing 42 h14 \left(\begin{matrix} -0.62 \end{matrix} \right)$	Особливих вимог немає	Ra 6,3
6	Радіус скруглення	R 1 h14	Особливих вимог немає	Ra 6,3
7	Зовнішня циліндрична	$\varnothing 52 d9 \left(\begin{matrix} -0.100 \\ -0.174 \end{matrix} \right)$	Особливих вимог немає	Ra 3,2
8	Радіус скруглення	R 2 h14	Особливих вимог немає	Ra 6,3
9,11	Торцеві	5 h14 $(_{-0.3})$	Особливих вимог немає	Ra 6,3
10	Зовнішня циліндрична	$\varnothing 80 h14_{(-0.74)}$	Особливих вимог немає	Ra 6,3
12	Радіус скруглення	R 3 h14	Особливих вимог немає	Ra 6,3
13	Зовнішня циліндрична	$\varnothing 33 h14_{(-0.62)}$	Особливих вимог немає	Ra 6,3
14	Радіус скруглення	R 1 h14	Особливих вимог немає	Ra 6,3
15	Різьбова	Tr42x7-7g	Особливих вимог немає	Ra 3,2
16	Фаска	4,5x45°	Особливих вимог немає	Ra 6,3
17	Зовнішня циліндрична	$\varnothing 33 h14_{(-0.62)}$	Особливих вимог немає	Ra 6,3
18	Фаска	2x45°	Особливих вимог немає	Ra 6,3
20	Отвір	$\varnothing 6,8 h14^{+0,32}$	Особливих вимог немає	Ra 6,3
21	Різьбова	M8-8H	Особливих вимог немає	Ra 6,3
22	Фаска	1,6x45°	Особливих вимог немає	Ra 6,3
23,24,25,26	Поверхні квадрата	28 ^{+0,2} h14	Особливих вимог немає	Ra 6,3

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP.ПМКМ-011.00.00.000 ПЗ

Арк.

6

1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі «Гвинт натискний»

Оцінка технологічності конструкції полягає у визначенні її відповідності встановленим виробничим вимогам. Вона спрямована на оптимізацію процесу виготовлення: скорочення часу виробництва, зниження собівартості та забезпечення стабільної якості продукції.

Оцінка технологічності деталі за критерієм «Створення заготовки».

Вибір способу отримання заготовки впливає на подальші витрати на механічну обробку деталі.

Для середньосерійного виробництва виробів зі сталі марки 45, враховуючи специфічну конфігурацію деталі, доцільно використовувати прокат, виготовлений відповідно до ДСТУ 4738:2007 (клас точності В1). Однак при цьому слід брати до уваги великий об'єм відходу в стружку.

З позиції параметра «Можливість виготовлення заготовки» технологічність даної деталі можна вважати задовільною.

Аналіз технологічності конструкції деталі згідно з параметром «Точність».

Забезпечення технологічності виробу передбачає встановлення обґрунтованих вимог до точності поверхонь.

Визначення точності поверхонь може бути здійснене через застосування відповідних аналітичних методів. При цьому прийнятний (середній) рівень точності встановлюється як середнє арифметичне значення відхилень фактичних вимірів від заданих нормативів чи проектної документації.

Обраний рівень точності безпосередньо впливає на собівартість та якість кінцевого продукту. Таким чином, вибір оптимальних допусків є одним із ключових етапів виробничого планування.

Таблиця 1.5 – Аналіз точності поверхонь деталі гвинт

T_i	n_i	$T_i n_i$
7	2	14
8	1	8
9	1	9
14	22	308
	$\Sigma n_i = 26$	$\Sigma T_i n_i = 339$

Середня точність деталі розраховується за формулою

$$T_{\text{ср}} = \frac{\sum T_i n_i}{\sum n_i} = \frac{339}{26} = 13,038$$

Беручи до уваги встановлену середню точність поверхні деталі, можна констатувати, що цей показник є відносно невисоким. Така особливість дає змогу застосовувати ефективні виробничі методи на верстатному обладнанні нормальної точності, що, своєю чергою, спрощує загальний технологічний цикл і мінімізує виробничі витрати.

Оскільки конструкція деталі являє собою тіло обертання, доцільним є використання зовнішньої циліндричної поверхні як основної технологічної бази. Ця стратегія базування легко реалізується за допомогою стандартного трикулачкового патрона із застосуванням центрів, що гарантує надійну стабілізацію та фіксацію деталі під час механічної обробки, оптимізуючи її позиціонування.

Підсумовуючи, можна зробити висновок, що з точки зору вимог до точності ця деталь є технологічною.

Коефіцієнт точності обробки деталі визначається за формулою:

$$K_{\text{тч}} = 1 - 1/T_{\text{ср}} = 1 - 1/13,13 = 0,9224$$

Деталь являється технологічною по коефіцієнту точності, тому що виконується дане перевірка $0,924 > 0,8$ ($K_{\text{т}} > 0,8$).

Оцінка технологічності виробу за критерієм «Якість поверхні» .

Дотримання встановлених вимог до якості поверхні є важливим показником технологічності конструкції.

Проведемо оцінку фактичної шорсткості поверхонь виробу з метою визначення її середнього класу чистоти обробки.

Таблиця 1.6 – Аналіз шорсткості поверхонь даної деталі

Ш_i	n_i	$\text{Ш}_i n_i$
Ra (3,2)	3	9,6
Ra (6,3)	23	144,9
	$\sum n_i = 26$	$\sum \text{Ш}_i n_i = 154,5$

Середня шорсткість деталі визначається за формулою:

$$Ш_{\text{ср}} = \frac{\sum Ш_i n_i}{\sum n_i} = \frac{154,5}{26} = 5,94 \approx 6 \text{ (Ra 6,3)}.$$

Отже, було встановлено, що середній показник шорсткості поверхні деталі становить Ra 6,3.

Коефіцієнт шорсткості поверхні визначається за даною формулою:

$$K_{\text{ш}} = 1/Ш_{\text{ср}} = 1/6 = 0,16$$

Деталь є технологічною по коефіцієнту шорсткості, оскільки виконується дана рівність $0,16 < 0,32$ ($K_{\text{ш}} < 0,32$).

Оцінка технологічності виробу за критерієм «Оброблюваність різанням».

Для виробництва деталі Гвинт натискний використовується сталь марки 45 (згідно з вимогами ДСТУ 7809:2015), яка характеризується коефіцієнтом оброблюваності, що дорівнює одиниці.

Враховуючи співвідношення довжини до діаметра ($L/D < 5$), конструкція не вимагає використання додаткових підтримувальних пристроїв, таких як люнети. Поступове зменшення діаметрів шийок ближче до країв деталі також позитивно впливає на спрощення процесу обробки.

Усі конструктивні елементи можуть бути оброблені та проконтрольовані за допомогою стандартного (універсального) інструментарію.

Загалом, деталь демонструє достатній рівень жорсткості, що дозволяє виконувати обробку без необхідності зниження параметрів режиму різання чи впровадження будь-яких спеціальних технологічних заходів.

					MP.ПМКМ-011.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

1.4 Визначення програми виробництва деталей та кількості деталей в партії

Програма виробництва — це встановлений для підприємства перелік товарів або послуг (включаючи ремонт), які будуть виготовлені. Вона містить кількісні показники обсягу випуску для кожного найменування протягом запланованого періоду. Ці показники можуть виражатися як у натуральних (штуки, кілограми), так і у вартісних одиницях.

Згідно з робочою документацією, вага однієї деталі складає 4 кг. Тип виробництва, визначений завданням на дипломне проектування, класифікується як середньосерійний.

Орієнтовна річна програма випуску деталей, визначена табличним методом із джерела [2] (таблиця 1.1, с. 5), становить: $N = 750$ шт.

Кількість деталей у виробничій партії розраховується за формулою:

$$n_p = \frac{N \cdot a}{F},$$

де a - періодичність запуску виробів у виробництво (приймається як 12 днів);
 F - загальна кількість робочих днів у поточному році (приймається як 261 день).

Підставляючи вихідні дані у формулу, отримуємо розрахункове значення:

$$n_p = \frac{750 \cdot 12}{261} = 34,48 \text{ шт.}$$

Для практичного застосування округлюємо результат до цілого числа. Приймаємо кількість деталей у партії: $n_p = 34$ шт.

					МР.ПМКМ-011.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

1.5 Методи обробки кожної поверхні для досягнення заданої точності і шорсткості

Вибір конкретних методів механічної обробки для кожної поверхні деталі здійснювався на основі вимог до забезпечення необхідної точності геометричних розмірів та досягнення заданого рівня якості (шорсткості) поверхні. Детальний аналіз технологічних процесів та обґрунтований вибір оптимальних методів обробки представлено в Таблиці 1.7. У цій таблиці також зазначено методи досягнення заданих параметрів точності та шорсткості для всіх відповідних поверхонь деталі.

Таблиця 1.7 - Методи досягнення заданої точності і шорсткості поверхонь деталі

№ поверхні	Розмір та точність поверхні	Тип обробки	Тип верстату	Шорсткість мкм
1,19	$350 h14 \left(\begin{matrix} -1,4 \end{matrix} \right)$	Підрізання торця	Фрезерно центрувальний	Ra 6,3
2	$3 \times 45^\circ h14$	Однократне точіння	Токарний	Ra 6,3
3	M48x3-8g	Напівчистове точіння Чистове точіння Нарізання різьби	Токарний	Ra 3.2
4	$R 2 h14$	Однократне точіння	Токарний	Ra 6,3
5	$\varnothing 42 h14 \left(\begin{matrix} -0.62 \end{matrix} \right)$	Однократне точіння	Токарний	Ra 6,3
6	$R 1 h14$	Однократне точіння	Токарний	Ra 6,3
7	$\varnothing 52 d9 \left(\begin{matrix} -0.100 \\ -0.174 \end{matrix} \right)$	Напівчистове точіння Чистове точіння	Токарний	Ra 3,2
8	$R 2 h14$	Однократне точіння	Токарний	Ra 6,3
9,11	$5 h14 \left(\begin{matrix} -0,3 \end{matrix} \right)$	Однократне точіння	Токарний	Ra 6,3
10	$\varnothing 80 h14 \left(\begin{matrix} -0,74 \end{matrix} \right)$	Однократне точіння	Токарний	Ra 6,3

12	R 3 h14	Однократне точіння	Токарний	Ra 6,3
13	\emptyset 33 h14 _(-0.62)	Однократне точіння	Токарний	Ra 6,3
14	R 1 h14	Однократне точіння	Токарний	Ra 6,3
15	Tr42x7-7g	Напівчистове точіння Чистове точіння Тонке точіння Нарізання різьби	Токарний	Ra 3,2
16	4,5x45°	Однократне точіння	Токарний	Ra 6,3
17	\emptyset 33 h14 _(-0.62)	Однократне точіння	Токарний	Ra 6,3
18	2x45°	Однократне точіння	Токарний	Ra 6,3
20	\emptyset 6,8 h14 ^{+0,32}	Свердління отвору	Фрезерний	Ra 6,3
21	M8-8H	Нарізання різьби мітчиком	Фрезерний	Ra 6,3
22	1,6x45°	Зенкування фаски	Фрезерний	Ra 6,3
23,24,25,26	28 ^{+0,2} h14	Чистове фрезерування	Фрезерний	Ra 6,3

1.6 Розрахунок припусків на обробку та вибір діаметру прокату

Для деталі Гвинт Тг 42x7 ПК 012007.817.1 та типу виробництва – середньосерійний обираю спосіб отримання заготовки- прокат сортовий сталевий гарячекатаний круглий звичайної якості за ДСТУ 4738:2007. Для вибору діаметру прокату необхідно розрахувати мінімальний припуск на механічну обробку найбільшої ступені гвинта, тобто, Ø80.

Виконаю розрахунок припусків на механічну обробку зовнішньої циліндричної поверхні Ø80h14_(-0,74)

Оскільки точність розміру має відповідати 14 квалітету, а якість поверхні - Ra6,3, для досягнення цих параметрів достатньо однократного обточування.

Мінімальний припуск при обробці зовнішньої циліндричної поверхні визначається за формулою:

$$2Z_{i \min} = 2(R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}),$$

де $R_{z_{i-1}}$ – висота мікронерівностей поверхні, що була отримана на попередньому

($i-1$) - му переході, мкм;

h_{i-1} – глибина дефектного шару, що утворився на поверхні після попереднього ($i-1$) - го переходу, мкм;

ρ_{i-1} – просторова похибка розташування поверхні після попереднього переходу, мкм;

ε_i – сумарна похибка встановлення деталі при виконанні поточного i - го технологічного переходу, мкм.

Висота мікронерівностей поверхні гарячекатаного прокату: $R_z = 200$ мкм; $h = 300$ мкм, після однократного точіння $R_z = 32$ мкм; $h = 30$ мкм;

Просторова похибка розташування:

- для прокату

$$\rho_{\text{заг}} = \Delta_k \cdot l,$$

де $\Delta_k = 2$ мкм/мм – кривизна профілю прокату;

					МР.ПМКМ-011.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

$l = 350$ мм – довжина деталі;

$$\rho_{\text{заг}} = 2 \cdot 350 = 700 \text{ мкм};$$

- для однократного точіння значення просторової похибки розташування прокату множимо на уточнюючий коефіцієнт $K_y = 0,06$:

$$\rho_{\text{одн.точ.}} = K_y \cdot \rho_{\text{заг}} = 0,06 \cdot 700 = 42 \text{ мкм},$$

Сумарна похибка встановлення деталі в радіальному напрямку при обробці в центрах $\epsilon_{\text{одн.точ.}} = 0$;

Визначаю мінімальне значення припуску:

$$2Z_{\text{одн.точ.}} = 2(200 + 300 + \sqrt{700^2 + 0}) = 2500 \text{ мкм};$$

Визначаю максимальний припуск за формулою:

$$2Z_{i \text{ max}} = 2Z_{i \text{ min}} + Td_{i-1} - Td_i,$$

де Td_{i-1} – допуск на розмір оброблюваної поверхні на попередньому переході;

Td_i – допуск на розмір оброблюваної поверхні на виконуваному переході;

$$2Z_{\text{одн.точ.}} = 2500 + 1900 - 750 = 3650 \text{ мкм};$$

Визначаю мінімальний розмір прокату:

$$d_{\text{min заг.}} = d_{\text{min одн.точ.}} + 2Z_{\text{одн.точ.}} = 79,26 + 2,5 = 81,76 \text{ мм};$$

Визначаю максимальний розмір прокату:

$$d_{\text{max заг}} = d_{\text{min min одн.точ.}} + Td_{\text{заг.}} = 81,76 + 1,9 = 83,66 \text{ мм}.$$

Таблиця 1.8 – значення припусків на механічну обробку поверхні $\text{Ø}80\text{h}14_{(-0,74)}$

Технологічні переходи	Елементи припуску				Розрахунковий розмір, мм	Точність (квалітет)	Допуск, мкм	Граничний розмір, мм		Граничні значення припусків, мкм		
	R_z	h	ρ	ϵ				d_{max}	d_{min}	Z_{max}	Z_{min}	
Заготовка	20 0	30 0	70 0	-	-	81,76	16	190 0	83,6 6	81,76	-	-
Однократне точіння	32	30	48	0	250 0	79,26	14	740	80,0	79,26	3650	250 0

Вибираю прокат за ДСТУ 4738:2007 точності В1 $\varnothing 85_{-1,3}^{+0,5}$

Схема графічного розташування припусків та допусків на обробку представлена на рисунку 1.7.

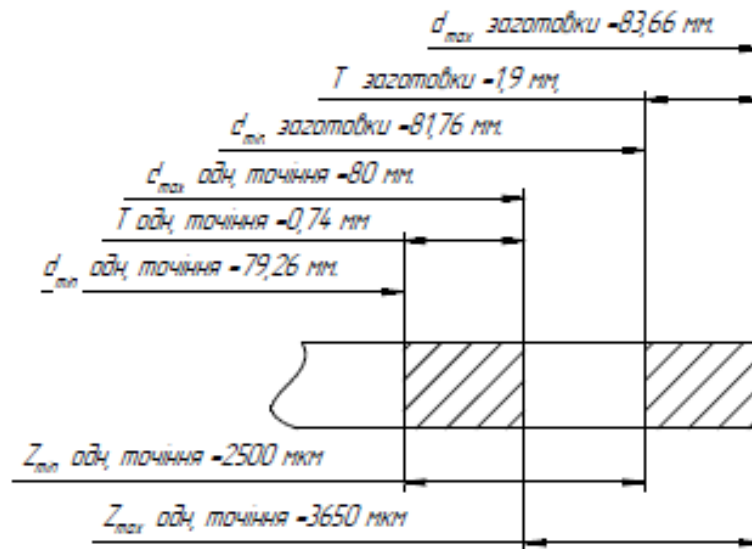


Рисунок – 1.2 Схема графічного розташування припусків та допусків на обробку поверхні $\varnothing 80h14_{(-0,74)}$

Припуск на підрізку торця складає 2 мм. Тоді довжина деталі буде рівною

$$L = 350 + 2 * 2 = 354 \pm 1 \text{ мм}$$

Ширина різку під час відрізання матеріалу з прокату зазвичай знаходиться в діапазоні від 2 до 5 мм.

Для виконання цієї операції я обираю метод відрізання дисковими пилами.

Вибираю заготовку прокат $d = \varnothing 85_{-1,3}^{+0,5}$ мм та довжиною 354 ± 1 мм, за ДСТУ 4738:2007.

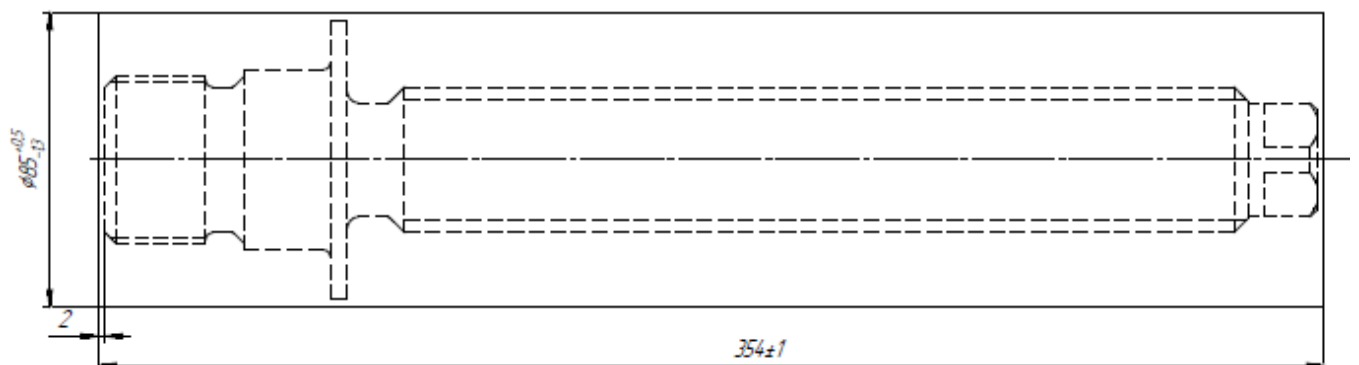


Рисунок 1.3 – Ескіз заготовки з прокату ДСТУ 4738:2007

					МР.ПМКМ-011.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

1.7 Проектування технологічного процесу виготовлення деталі «Гвинт натискний»

Для виготовлення деталі гвинт натискний створюємо технологічний процес в якому будемо використовувати різальний інструмент фірми Sandvik Coromant, [7]. А також сучасні верстати для механічної обробки даної деталі а саме, фрезерно центрувальний верстат NEO TECH NTC-FC10100 [4], токарно-гвинторізний верстат Bernardo Master 360 Pro [5], токарно-гвинторізний верстат з ЧПК Bernardo СК 360 x750 [5], Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК Knuth X.mill 400 [5].

Таблиця 1.9 Технологічний процес виготовлення деталі

№ оп	Назва та зміст операції	Верстат, інструмент пристрій	Схема закріплення
1	2	3	4
010	Фрезерно центрувальна 1. Фрезерувати торці 1,19. 2. Свердлити центрувальні отвори на глибину 8 мм.	Фрезерно центрувальний верстат NEO TECH NTC-FC10100 Фреза торцева «MR80-AR102R38-12M» Свердло центрове «2317-0020» d3,15	Рисунок 1.4
020	Токарно-гвинторізна 1. Точити поверхню 10 на довжину 290 мм 2. Точити поверхню 15 напівчисто.	Токарно-гвинторізний верстат Bernardo Master 360 Pro Патрон повідковий Державка різця «PCLNR 2525M 19» Ріжуча пластинка «CNMG 19 06 08-PR 4335» Центр обертовий Holzmann MLKA3 Патрон повідковий Holzstar MK2	Рисунок 1.5
030	Токарно-гвинторізна з ЧПК 1.Однократно точити поверхню 2. 2.Напівчисто точити поверхні 3, 7 3.Однократно точити поверхню 4. 4.Однократно точити поверхню 5.	Токарно-гвинторізний верстат з ЧПК Bernardo СК 360 x 750 3-х кулачковий патрон Fuerda 7100-0035 Державка різця «PCLNR 2525M 19» Ріжуча пластинка «CNMG 19 06 08-PR 4335» Державка різця	Рисунок 1.6

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP.ПМКМ-011.00.00.000 ПЗ

Арк.

16

	<p>5.Однократно точити поверхню 6.</p> <p>6.Однократно точити поверхню 8.</p> <p>7.Однократно точити поверхню 9.</p> <p>8.Начисто точити поверхні 3,7.</p> <p>9.Нарізати різьбу 3.</p>	<p>«SVJBR 2525M 16» Ріжуча пластинка «VBMТ 16 04 08-PR 4425» Державка різця «266RFG-2525-22» Ріжуча пластинка «266RG-22MM02A300E 1020»</p>	
040	<p>Токарно-гвинторізна з ЧПК</p> <p>1. Начисто точити поверхню 15.</p> <p>2.Однократно точити поверхню 18.</p> <p>3.Однократно точити поверхню 17.</p> <p>4.Однократно точити поверхню 16.</p> <p>5.Однократно точити поверхню 17.</p> <p>6.Однократно точити поверхню 13.</p> <p>7.Однократно точити поверхню 12.</p> <p>8.Однократно точити поверхню 11.</p> <p>9. Тонко точити поверхню 15.</p>	<p>Токарно-гвинторізний верстат з ЧПК Bernardo СК 360 х 750 3-х кулачковий патрон Fuerda 7100-0035 Державка різця «PCLNR 2525M 19» Ріжуча пластинка «CNMG 19 06 08-PR 4335» Державка різця «SVJBR 2525M 16» Ріжуча пластинка «VBMТ 16 04 08-PR 4425» Центр обертовий Holzmann MLKA3</p>	Рисунок 1.7
050	<p>Вертикально-фрезерна з ЧПК</p> <p>1. Однократно фрезерувати поверхні квадрату 23,24,25,26.</p> <p>2. Свердлити отвір 20.</p> <p>3. Зенкувати фаску 22.</p> <p>4. Нарізати різьбу 21.</p>	<p>Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК Knuth X.mill 400 Свердло «860.1-0680-040A1-PM P1BM» Зенківка «1C050-0150-060-ХВ 1620» Мітчик «Т300-ХМ104DA-М8 С110» Фреза кінцева «2N342-1400-PD P2BM» Пристрій фрезерний</p>	Рисунок 1.8
060	<p>Токарно-гвинторізна з ЧПК</p> <p>1.Точити різьбу 15</p>	<p>Токарно-гвинторізний верстат з ЧПК Bernardo СК 360 х 750</p>	Рисунок 1.9

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP.ПМКМ-011.00.00.000 ПЗ

Арк.

17

		3-х кулачковий патрон Fuerda 7100-0035 Центр обертовий Holzmann MLKA3 Державка різця «266RFG-2525-22» Ріжуча пластинка «266RG-22TR01F700E 1020»	
070	Слюсарна 1. Зачистити заусенці	Верстак 21 1200 Ч	-
080	Контрольна	Стіл ВТК	
090	Термічна	Піч СНО – 6.12.5/12,5	-

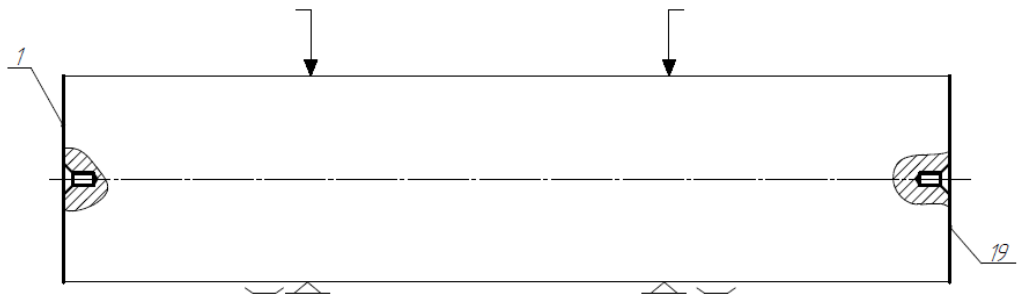


Рис 1.4-Схема закріплення деталі на операцію 010

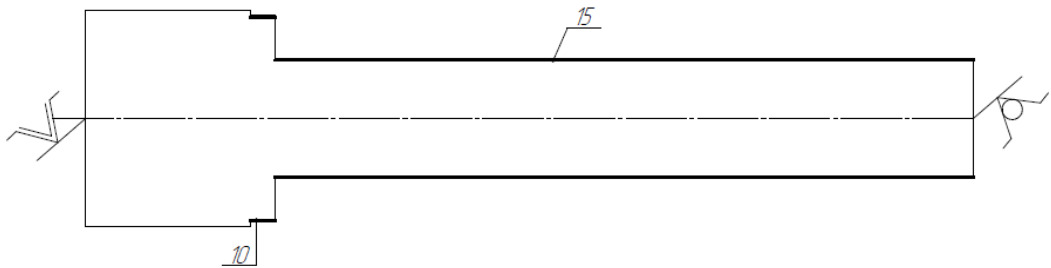


Рис 1.5- Схема закріплення деталі на операцію 020

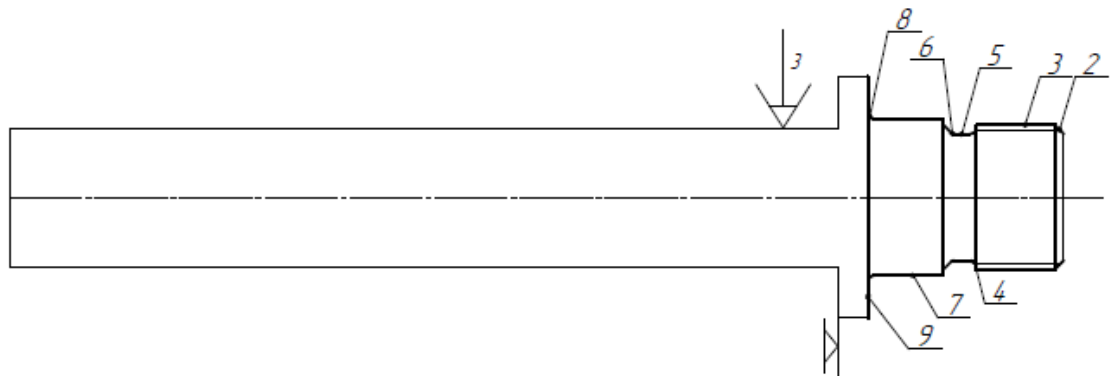


Рис 1.6- Схема закріплення деталі на операцію 030

					МР.ПМКМ-011.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

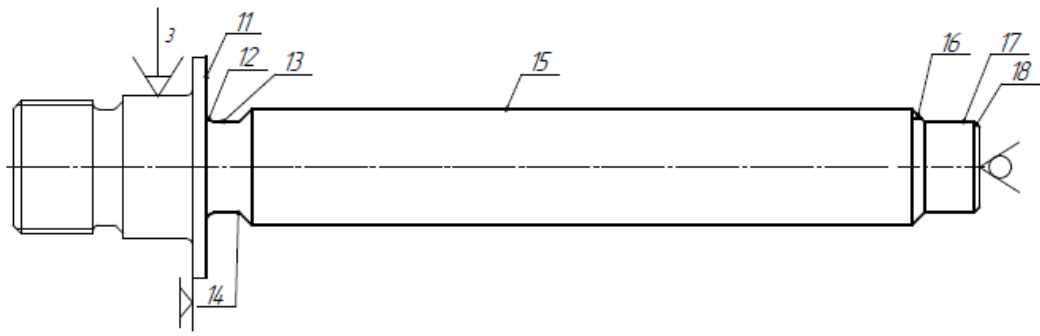


Рис 1.6- Схема закріплення деталі на операцію 040

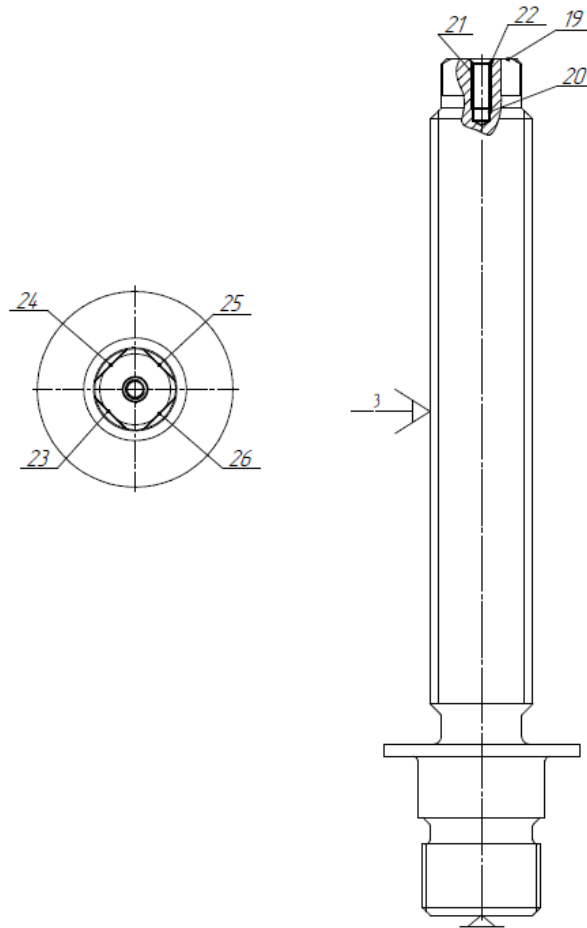


Рис 1.8- Схема закріплення деталі на операцію 050

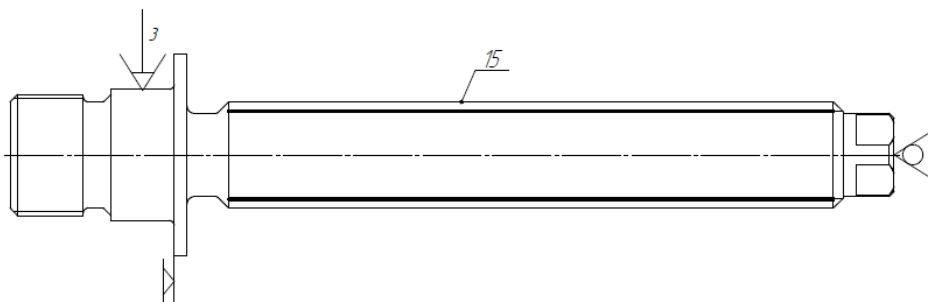


Рис 1.9- Схема закріплення деталі на операцію 060

					МР.ПМКМ-011.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

2. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОСНАСТКИ

2.1 Опис конструкції і призначення пристрою на фрезерну 050

Пристрій розроблено для фрезерної обробки квадрата а також для нарізання різьби М8. Фіксація деталі відбувається за допомогою трьох кулачкового патрона фірми ROEHM, а саме трьох кулачків 7.

Даний пристрій складається з таких деталей упорної плити 1, в яку встановлено дві направляючі шпонки 2, також до плити прикріплений упор за допомогою шести гвинтів М12, до якого кріпиться патрон б фірми за допомогою трьох гвинтів М16.

Коефіцієнт уніфікації пристрою

Коефіцієнт уніфікації визначає застосування стандартних або уніфікованих деталей та вузлів в фрезерному пристрої визначаємо за формулою:

$$K_{\text{пр}} = \frac{\sum \text{заг} - \sum o}{\sum \text{заг}} \cdot 100\% = \frac{17 - 4}{17} \cdot 100\% = 76,47 \%$$

де $\sum_{\text{заг}}=17$ – загальна кількість деталей пристрою;

$\sum_o=4$ – кількість унікальних деталей пристрою;

Після розрахунків коефіцієнт уніфікації становить $K_{\text{пр}}=76,47\%$.

2.2 Розрахунок сили затиску деталі Гвинт натискний

Початкові дані:

- деталь: Гвинт натискний ПК 012007.817.1;
- матеріалом ріжучої частини є, швидкорізальна сталь R6M5;
- оброблюваний матеріал: Сталь 45 ДСТУ 7809:2015.
- НВ=229.
- Границя міцності при розтязі, σ_b 650 МПа

Визначаємо глибину фрезерування: $t = 1.5$ мм.

Визначаємо величину подачі :

$$S_z = 0.126 \text{ мм/об};$$

$$S_o = S_z \times z = 0.126 \times 4 = 0,504 \text{ мм/об};$$

Визначаємо швидкість різання (с. 261, [3]) :

					МР.ПМКМ-011.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

$$K_{mv} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_{\epsilon}} \right)^{n_v};$$

$$n_v = 0.9; \text{ (с. 261, [3])}$$

$$K_{\Gamma} = 1.0 \text{ (с. 262, табл. 2, [3])}$$

$$K_{mv} = 1.0 \cdot \left(\frac{750}{650} \right)^{0.9} = 1.13$$

$$K_{nv} = 1.0 \text{ (с. 263, табл. 5, [3])}$$

$$K_{uv} = 1.0 \text{ (с. 263, табл. 6, [3])}$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} = 1.13 \cdot 1 \cdot 1 = 1,13$$

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

Вибираємо коефіцієнти які входить в дану формулу : $C_v=46,7$; $y=0,5$; $m=0,33$; $q=0,45$; $p=0,1$; $x=0,5$; $u=0,1$; без охолодження. (с. 288, табл. 39, [3])

$$T = 60 \text{ хв} \text{ (с. 289, табл. 40, [3])}$$

$$v = \frac{46,7 \cdot 14^{0,45}}{60^{0,33} \cdot 1,5^{0,5} \cdot 0,504^{0,5} \cdot 28^{0,1} \cdot 4^{0,1}} \cdot 1,13 = 36,5 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо частоту обертів шпінделя верстата :

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D};$$

$$n = \frac{1000 \cdot 39,5}{3,14 \cdot 14} = 898,54 \text{ хв}^{-1};$$

Корегуємо знайдене значення по паспорту верстата $n = 1000 \text{ хв}^{-1}$; (с. 29, [3])

Перерахунок швидкості різання

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000};$$

$$v = \frac{3,14 \cdot 14 \cdot 1000}{1000} = 43,96 \text{ м/хв.}$$

Знаходимо найбільшу складову сили різання яко є критний момент :

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

Вбираємо коефіцієнти:

$$C_p = 68,2; x = 0,86; y = 0,72; w = 0; u = 1,0; q = 0,8 \text{ (с. 291, табл. 41, [3])}$$

$$K_{mp} = 0,3;$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 1,5^{0,86} \cdot 0,504^{0,72} \cdot 28^{1,0}}{14^{0,8} \cdot 100^0} \cdot 0,3 = 612,9 \text{ Н};$$

					МР.ПМКМ-011.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 1000};$$

$$M_{кр} = \frac{612,9 \cdot 14}{2 \cdot 1000} = 4,29 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Розрахунок потужності різання:

$$N_p = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60};$$

$$N_p = \frac{612,9 \cdot 43,96}{1020 \cdot 60} = 4,18 \text{ кВт};$$

Повинна виконуватися умова $N_p \leq 5.5 \text{ кВт}$;

Вибір решти параметрів режимів різання здійснюється на основі нормативних даних, представлених у джерелі [12]. Для токарної обробки використовуються сторінки 20–34, а для фрезерної — сторінки 73–83. Всі вибрані значення заносяться до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1– Режими різання

№ Оп.	Назва та зміст операції	Розміри оброблюва льної поверхні		Режими різання				Основ ний час То, хв.
		D, мм.	L, мм.	t, мм.	S, мм/об	V, м/хв	n, хв.-1	
010	Фрезерно центрувальна 1. Фрезерувати торці 1,19.	85	2	1,5	0,6	220	200	0,265 0,165
	2. Свердлити центрувальні отвори на глибину 8 мм.	3,15	8	3,5	0,12	10	600	0,100
020	Токарно-гвинторізна 1. Точити поверхню 10 на довжину 290мм	85	290	0,5	0,35	249	1800	1,150 0,350
	2. Точити поверхню 15 напівчисто.	45	280	0,5	0,35	249	1800	0,800
030	Токарно-гвинторізна з ЧПК 1.Однократно точити поверхню 2.	48	3	0,5	0,35	216	1530	26,22 0,060
	2.Напівчисто точити поверхні 3, 7	49	29	0,5	0,35	216	1530	0,150

	3.Однократно точити поверхню 4.	42	2	0,5	0,35	216	1530	0,030
	4.Однократно точити поверхню 5.	42	6	0,5	0,35	216	1530	0,100
	5.Однократно точити поверхню 6.	42	1	0,5	0,35	216	1530	0,030
	6.Однократно точити поверхню 8.	52	2	0,5	0,35	216	1530	0,050
	7.Однократно точити поверхню 9.	80	5	0,5	0,35	216	1530	0,250
	8.Начисто точити поверхні 3,7.	0,2	0,25	250	1800	0,2	0,25	1,650
	9.Нарізати різьбу 3.	48	29	3	0,5	127	845	0,900
040	Токарно-гвинторізна з ЧПК 1. Начисто точити поверхню 15.	42	243, 5	0,2	0,25	250	1800	5,565 3,500
	2.Однократно точити поверхню 18.	33	2	0,5	0,35	216	1530	0,030
	3.Однократно точити поверхню 17.	33	20	0,5	0,35	216	1530	0,180
	4.Однократно точити поверхню 16.	42	4,5	0,5	0,35	216	1530	0,065
	5.Однократно точити поверхню 17.	33	1	0,5	0,35	216	1530	0,020
	6.Однократно точити поверхню 13.	33	8	0,5	0,35	216	1530	0,090
	7.Однократно точити поверхню 12.	33	3	0,5	0,35	216	1530	0,030
	8.Однократно точити поверхню 11.	80	1	0,5	0,35	216	1530	0,250
	9. Тонко точити поверхню 15.	48	29	0,15	0,5	280	2000	1,50
050	Вертикально-фрезерна з ЧПК 1. Однократно фрезерувати поверхні квадрату 23,24,25,26.	28	15	1,5	0,5	43,9	1000	2,05 0,350
	2. Свердлити отвір 20.	6,8	25	25	0,22	173	1840	0,80
	3. Зенкувати фаску 22.	6,8	0,5	0,5	0,35	200	1840	0,75
	4. Нарізати різьбу 21.	8	20	3	1,25	250	850	0,150
060	Токарно-гвинторізна з ЧПК 1.Точити різьбу 15	42	243, 5	7	0,35	127	965	3,580

					МР.ПМКМ-011.00.00.000 ПЗ				Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					23

Визначаємо другорядні складові сили різання: (с. 292, табл. 42, [3])

$$P_h = P_z \cdot 0,75 = 459,67 \text{ Н}; \quad P_x = P_z \cdot 0,75 = 459,67 \text{ Н};$$

$$P_v = P_z \cdot 0,85 = 520,96 \text{ Н}; \quad P_y = P_z \cdot 0,75 = 459,67 \text{ Н};$$

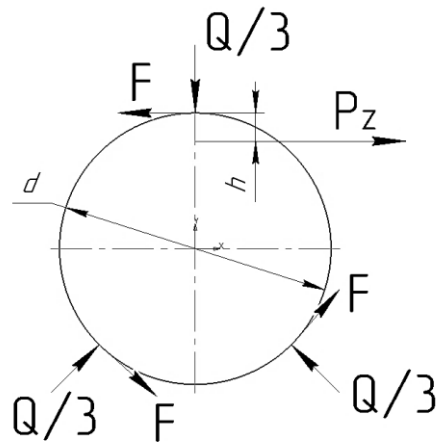


Рисунок 2.1-Схема дії сил на поверхню гвинта для визначення сили закріплення

$$\sum M_o k M_p - M_T = 0$$

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 = 1,1 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1,1 = 1,452$$

$$M_P = P_z \left(\frac{d}{2} - h \right)$$

$$M_T = 3F \cdot \frac{d}{2}$$

$$F = \frac{Q}{3} f = \frac{960,1}{3} \cdot 3,89 = 1245,03 \text{ Н}$$

$$f = f_0 \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_4 \cdot f_5 \cdot f_6 = 1,3 \cdot 1,2 \cdot 1,6 \cdot 1,3 \cdot 1,2 = 3,89$$

$$k P_z \left(\frac{d}{2} - h \right) = \frac{3Q}{3} \cdot \frac{d}{2} f$$

$$Q = \frac{k P_z \left(\frac{d}{2} - h \right)}{\frac{d}{2} f} = \frac{1,452 \cdot 612,9 \left(\frac{42}{2} - 2,5 \right)}{\frac{42}{2} - 3,89} = 960,1 \text{ Н}$$

					МР.ПМКМ-011.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

2.2 Визначення точності пристрою для обробки

Оцінка точності розробленого пристрою базується на розрахунковій формулі:

$$E_{\text{пр}} = T_{\text{д}} - 1,2 \sqrt{\varepsilon_{\text{у}}^2 + (0,8\omega^2)}$$

$E_{\text{пр}}$ – точність пристрою;

$T_{\text{д}}$ – допуск на розмір, що отримується під час обробки

$\varepsilon_{\text{б}}$ – похибка базування в пристрої;

$\varepsilon_{\text{з}}$ – сумарна похибка установки заготовки в пристрої.

ω – економічна точність методу обробки.

Похибка установки $\varepsilon_{\text{у}}$ складається з похибки базування $\varepsilon_{\text{б}}$ та похибки закріплення $\varepsilon_{\text{з}}$

Сума похибок базування і закріплення складає похибку установки $\varepsilon_{\text{у}}$. Оскільки для даного 3-кулачкового самоцентрувального патрона похибка базування дорівнює нулю

$$\varepsilon_{\text{у}} = \varepsilon_{\text{б}} = 0,1 \text{ мм.} ([10], \text{ сторінка 49 таблиця 15})$$

Точності позиціонування $T_{\text{поз.}}$ приймаємо $T_{\text{поз.}} = 0,1$ мм, а радіальне биття $R = 0,03$ мм. Тоді економічна точність обробки

$$\omega = T_{\text{поз.}} + R = 0,1 + 0,03 = 0,13 \text{ мм.}$$

					МР.ПМКМ-011.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

3. ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОСНАЩЕННЯ

3.1 Опис верстатів

Фрезерно центрувальний верстат NEO TECHNTC-FC10100

Верстат SPM Machine NTC-FC10100 є високоспеціалізованим обладнанням, призначеним для комплексної підготовки кінців (торців) циліндричних заготовок (валів, осей, штоків) перед їх подальшою основною обробкою на токарних верстатах або в оброблювальних центрах.

Основні операції, які виконує верстат, — це одночасне або послідовне фрезерування обох торців заготовки до заданої довжини та свердління в них точних центровочних отворів [4] .

Таблиця 3.1 - Технічні характеристики фрезерно центрувального верстата NEO TECHNTC-FC10100

Параметр	Значення
Макс. діаметр фрезерування	100 мм.
Макс. діаметр свердління	25 мм.
Мовжина заготовки	200 – 1000 мм.
Швидке переміщення слайда свердління	10 м/хв.
Швидке переміщення фейсового слайда	15 м/хв.
Тип шпинделя (носок)	bt-40
Потужність двох індукційних двигунів	3.7 квт.
Кількість шпинделів	4
Діапазон обертів свердлильного шпинделя	350 – 1500 об/хв.
Діапазон обертів фейсового шпинделя	350 – 1500 об/хв.
Кількість осей	4
Крутний момент двигуна осей	6 н·м.
Напрявні слайда свердління	гартовані та шліфовані подвійні v-напрявні
Напрявні фейсового слайда	35 1m мм.
Гвинтова передача (шарко-гвинт)	32×10 мм.
Точність позиціонування	0.02 мм.
Повторюваність	0.01 мм.
Висота	1900 мм.
Розмір (д×ш)	3400 × 1500 мм.
Вага (приблизно)	2000 кг



Рисунок 3.1- Фрезерно центрувальний верстат NEO TECH NTC-FC10100

Токарно-гвинторізний верстат Bernardo Master 360 Pro

Bernardo Master 360 Pro — це універсальний токарний/гвинторізний верстат по металу, призначений для обробки металевих заготовок різного діаметра та довжини. Його конструкція і технічні характеристики роблять його придатним як для навчальних цілей чи майстерень, так і для серійного або ремонтного виробництва.

Bernardo — австрійська компанія, яка виробляє станки по металу (та деревообробні), і позиціонує Master серію як надійні, універсальні верстати для майстерень, навчальних закладів, ремонтних цехів.[5].

Таблиця 3.2 - Технічні характеристики токарно-гвинторізного верстату Bernardo Master 360 Pro

Параметр	Значення
Відстань між центрами	1000 мм
Висота центру	180 мм
Макс. діаметр над станиною	360 мм
Макс. діаметр над супортом	220 мм
Ширина станини	185 мм
Діаметр шпиндельного отвору	52 мм
Тип кріплення шпинделя	DIN 55029, D1-5
Частота обертання шпинделя	70–2000 об/хв (8 ступенів)

Поздовжня подача	0,052–1,392 мм/об
Поперечна подача	0,014–0,380 мм/об
Метрика різьблення	0,4–7,0 мм
Дюймова різьба	4–56 ниток/дюйм
Діаметр пінолі задньої бабки	42 мм
Хід пінолі	100 мм
Конус пінолі	MT4
Потужність двигуна S1	1,5 кВт (400 В)
Потужність двигуна S6	2,2 кВт (400 В)
Габарити	1825 × 750 × 1600 мм
Вага	575 кг



Рисунок 3.2 Токарно-гвинторізний верстат Bernardo Master 360 Pro

Токарно-гвинторізний верстат з ЧПК Bernardo СК 360 x 750

Токарний верстат Bernardo СК 360 × 750 призначений для обробки металевих деталей із високою точністю. Відстань між центрами становить 750 мм, висота центру — 180 мм, максимальний діаметр обточування над станиною — 360 мм. Верстат оснащений шпинделем діаметром 60 мм, діапазон обертів — 150–2500 об/хв, а точність позиціонування становить $\pm 0,01$ мм.

Система управління Siemens 808D Advanced забезпечує зручну роботу, а гідравлічний патрон, револьверна головка, LED-підсвітка, система охолодження та автоматичне мастило супортів роблять верстат ефективним і надійним для серійного та дрібносерійного виробництва.

Таблиця 3.3 - Технічні характеристики токарно-гвинторізного верстату з ЧПК Bernardo СК 360 x 750

Характеристика	Значення
Відстань між центрами	750 мм
Висота центру	180 мм
Максимальний діаметр обточування над станиною	360 мм
Максимальний діаметр обточування над супортом	150 мм
Отвір шпинделя	60 мм
Шпиндельне кріплення	A2-6
Діапазон обертів шпинделя	150 – 2500 об/хв
Переміщення супорта (X/Z)	180 / 750 мм
Прискорений хід (X/Z)	4 / 7 м/хв
Потужність двигуна	3,7 кВт
Точність позиціонування	± 0,01 мм
Габарити верстата (Д × Ш × В)	2450 × 1150 × 1835 мм
Маса	1550 кг
Система управління	Siemens 808D Advanced



Рисунок 3.3 Токарно-гвинторізний верстат з ЧПК Bernardo СК 360 x 750

Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК Knuth X.mill 400

Верстат KNUTH X.mill 400 має міцну чавунну станину з низьким центром ваги, що забезпечує високу стабільність під час роботи, попри його невеликі габарити. Він оснащений потужним шпинделем з кріпленням ВТ 40, який може розвивати швидкість до 8000 об/хв. Шпиндель має систему масляного охолодження, що дозволяє підтримувати його продуктивність під час тривалих безперервних операцій.

Переміщення по осях здійснюється за допомогою високоточних лінійних напрямних та ШВП (кулько-гвинтових пар), що гарантує точність позиціонування 0,02 мм та повторюваність 0,01 мм. Електрошкафа верстата обладнана системою кондиціонування повітря.

Таблиця 3.4 - Технічні характеристики вертикально фрезерного верстата з ЧПК Knuth X.mill 400

Характеристика	Значення
Конус шпинделя	ВТ 40
Шпиндель, об/хв	до 8000
Потужність головного двигуна	3,7 кВт
Розміри столу	600 × 300 мм
Максимальне навантаження на стіл	150 кг
Хід по осі X	400 мм
Хід по осі Y	230 мм
Хід по осі Z	450 мм
Швидкість швидких переміщень (X/Y/Z)	12000 / 12000 / 10000 мм/хв
Магазин інструментів	12 позицій
Точність позиціонування	0,02 мм
Повторюваність	0,01 мм
Габарити верстата (Д × Ш × В)	2100 × 1900 × 2450 мм
Маса	2200 кг



Рисунок 3.4 – Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК Knuth X.mill 400

					MP.ПМКМ-011.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

3.2 Вибір різального інструменту

Для виконання технологічного процесу обробки даної деталі планується застосувати сучасний різальний інструмент від провідного світового виробника — компанії Sandvik Coromant.

Асортимент продукції Sandvik Coromant охоплює широкий спектр рішень, що задовольняють різноманітні потреби механічної обробки:

- **Фрезерування:** Представлені торцеві, ступінчасті фрези, а також ефективні системи зі змінними та індексованими пластинами.
- **Точіння:** Доступний повний спектр інструментів для чорнової, чистової обробки, нарізання різьби, розточування, проточування канавок. Сюди входять різцетримачі, державки та різці зі змінними пластинами.
- **Свердління:** Пропонуються високопродуктивні твердосплавні свердла, інструменти зі змінними пластинами, рішення для глибокого свердління, рушничні свердла та розгортки.
- **Різальні пластини:** Широкий вибір твердосплавних та змінних пластин, оптимізованих під конкретні умови різання та оброблювані матеріали.
- **Розточування:** Спеціалізований інструмент для забезпечення високоточної обробки внутрішніх циліндричних поверхонь.
- **Нарізання різьби:** Ефективні мітчики, різьбофрези, а також інноваційні різьбонарізні системи зі змінними пластинами.

Детальну інформацію щодо повного каталогу продукції можна знайти на офіційному веб-ресурсі виробника за посиланням: <https://www.sandvik.coromant.com>.

На основі аналізу технологічних операцій, далі буде обрано конкретний перелік різального інструменту, який буде використаний для імітації процесу обробки даної деталі. фреза торцева «MR80-AR102R38-12M», пластинка фрези «MR80-1206E-L50 1230», державка різця «PCLNR 2525M 19», ріжуча пластинка «CNMG 19 06 08-PR 4335», державка різця «SVJBR 2525M 16», ріжуча пластинка «VBMT 16 04 08-PR 4425», державка різця «266RFG-2525-22», ріжуча пластинка

					MP.ПМКМ-011.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

«266RG-22MM02A300E 1020», державка різця «266RFG-2525-22», ріжуча пластинка «266RG-22TR01F700E 1020», свердло «860.1-0680-040A1-PM P1BM», зенківка «1C050-0150-060-XB 1620», мітчик «Т300-ХМ104ДА-М8 С110», фреза кінцева «2N342-1400-PD P2BM»,[7].

Технічні характеристики даних інструментів наведені нижче.

Діаметр різання (округ Колумбія)	89,6 мм
Максимальний діаметр різання (DCX)	101,6 мм
Зменшення кількості елементів (CICT_2)	10
Код типу затискання (MTP)	затискач з гвинтовим наскрізним отвором
Частина 2 ідентифікаторів інтерфейсу елемента різання (CUTINT_MASTER_2)	Фреза CoroMill MR80 - розмір 1206 (MR80-1206)
Максимальна глибина різання (APMX_FFW)	6 мм
Максимальний кут нахилу (RMX)	0,33°
Максимальна глибина занурення (AZ)	0,44 мм
Периферійна ефективна кількість ріжучих кромок (ZEFP)	10
Підключення - з боку машини (ADINTMS)	Оправка -ISO 6462-B (гвинт кріплення різця) - дюйм: 1 1/2
Рука (РУКА)	Праворуч
Тип входу охолоджувальної рідини (CNCS)	осьовий концентричний вхід
Діаметр з'єднання з боку машини (DCONMS)	38,1 мм
Стандартний номер (STDNO)	ISO6462
Стандартний лист (STDLET)	Б
Функціональна довжина (LF)	50 мм
Радіальний кут нахилу (GAMF)	-7°
Осьовий кут нахилу (GAMP)	-14°
Крутний момент (TQ)	2 Нм
Матеріал корпусу (БМК)	Сталь
Максимальна швидкість обертання (RPMX)	6600 об/хв
Вага товару (вага)	1,15 кг
Загальна довжина (OAL)	50 мм

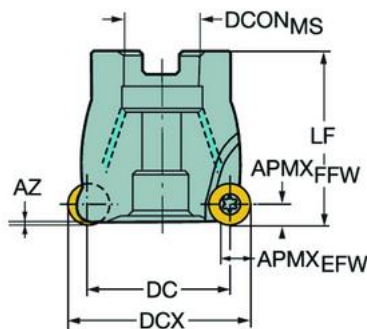
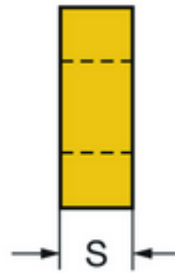
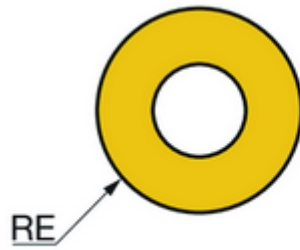


Рисунок 3.5 – Фреза торцева «MR80-AR102R38-12M»

					MP.ПМКМ-011.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33



Матеріал(и) заготовки (TMC1ISO)



Стружколом (CBMD)

Л50

Тип операції (КТПТ)

світло

Вставити код способу кріплення (метрична система) (IFS)

Отвір з потайною головкою 40°-60°, дно рейки

Діаметр кріпильного отвору (D1)

3,7 мм

Розмір і форма вставки (РОЗМІР_РІЗУ)

CoroMill MR80-1206

Кількість передових лез (CEDC)

12

Діаметр вписаного кола (ДВК)

12 мм

Вставити код форми (SC)

Круглий

Максимальна глибина різання (APMX)

3 мм

Радіус кута (PE)

6 мм

Рука (РУКА)

Нейтральний

Оцінка (ОЦІНКА)

1230

Субстрат (СУБСТРАТ)

Головний уповноважений

Покриття (COATING)

PVD TiAlSiN

Товщина вставки (S)

6 мм

Вага товару (вага)

0,008 кг

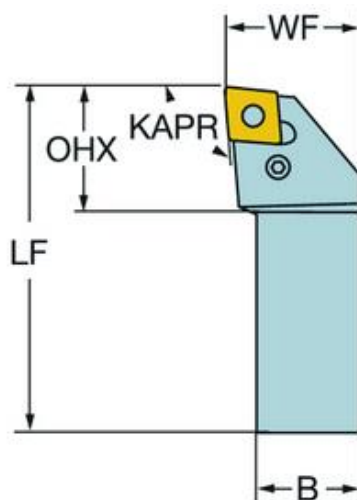
Рисунок 3.6 – Пластинка фрези «MR80-1206E-L50 1230»

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP.ПМКМ-011.00.00.000 ПЗ

Арк.

34



Кут ріжучої кромки інструменту (KAPR_1)	95°
Кут випередження (PSIR)	-5°
Код типу затискання (MTP)	затискач зі штифтом наскрізного отвору
Тип вставки (CUTINT_MASTER)	CNMG 190612
Підключення - з боку машини (ADINTMS)	Прямокутний хвостовик - метричний: 25 x 25
Максимальний кут нахилу (RMX)	0°
Кут корпусу заготовки збоку (BAWS)	0°
Кут нахилу корпусу машини (BAMS)	0°
Максимальний виступ (OHX)	37,9 мм
Рука (PYKA)	Праворуч
Тип виходу охолоджувальної рідини (CXSC)	немає виходу охолоджувальної рідини
Тип входу охолоджувальної рідини (CNCS)	без подачі охолоджувальної рідини
Ширина хвостовика (B)	25 мм
Висота хвостовика (H)	25 мм
Функціональна довжина (LF)	150 мм
Функціональна ширина (ФШ)	32 мм
Функціональна висота (HF)	25 мм
Ортогональний кут нахилу (GAMO)	-6°
Кут нахилу (LAMS)	-6°
Крутний момент (TQ)	10 Нм
Матеріал корпусу (БМК)	Сталь
Вага товару (вага)	0,694 кг
Ідентифікатор основної вставки (MIID)	CNMG 19 06 12
Загальна довжина (OAL)	150 мм

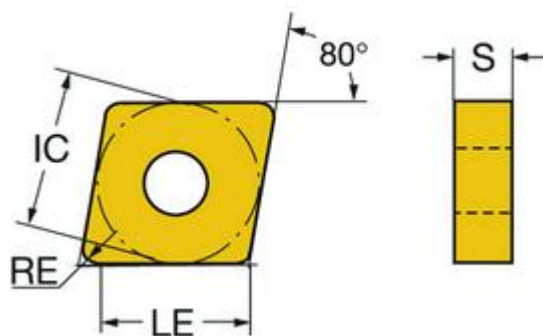
Рисунок 3.7 – Державка різця «PCLNR 2525M 19»

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP.ПМКМ-011.00.00.000 ПЗ

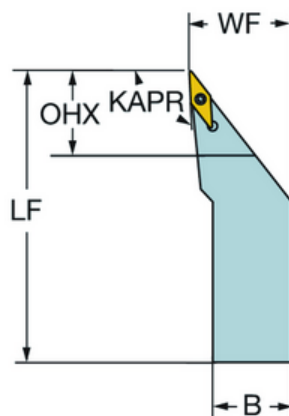
Арк.

35



Матеріал(и) заготовки (TMC1ISO)	П. М.
Стружолом (CBMD)	Зв'язки з громадськістю
Тип операції (КТПТ)	чорнова обробка
Вставити код способу кріплення (метрична система) (IFS)	Циліндричний отвір для кріплення
Діаметр кріпильного отвору (D1)	7,925 мм
Розмір і форма вставки (РОЗМІР_РІЗУ)	CN1906
Кількість передових лез (CEDC)	4
Діаметр вписаного кола (ДВК)	19,05 мм
Вставити код форми (SC)	Ромбічний 80
Ефективна довжина ріжучої кромки (LE)	18,5439 мм
Радіус кута (PE)	0,7938 мм
Рука (PYKA)	Нейтральний
Оцінка (ОЦІНКА)	4335
Субстрат (СУБСТРАТ)	Головний уповноважений
Покриття (COATING)	ХОП TiCN+Al2O3+TiN
Товщина вставки (S)	6,35 мм
Великий кут заднього ходу (AN)	0°
Вага товару (вага)	0,0253 кг

Рисунок 3.8 – Ріжуча пластинка «CNMG 19 06 08-PR 4335»



Кут ріжучої кромки інструменту (KAPR_1)	93°
Кут випередження (PSIR)	-3°
Код типу затискання (MTP)	затискач з гвинтовим наскрізним отвором
Тип вставки (CUTINT_MASTER)	ВБМТ 160408/ ВКМТ 160408
Підключення - з боку машини (ADINTMS)	Прямокутний хвостовик - метричний: 25 x 25
Максимальний кут нахилу (RMX)	50°
Кут корпусу заготовки збоку (BAWS)	0°
Кут нахилу корпусу машини (BAMS)	0°
Максимальний виступ (OHX)	31,5 мм
Рука (PVKA)	Праворуч
Тип виходу охолоджувальної рідини (CXSC)	немає виходу охолоджувальної рідини
Тип входу охолоджувальної рідини (CNSC)	без подачі охолоджувальної рідини
Ширина хвостовика (B)	25 мм
Висота хвостовика (H)	25 мм
Функціональна довжина (LF)	150 мм
Функціональна ширина (ФШ)	32 мм
Функціональна висота (HF)	25 мм
Ортогональний кут нахилу (GAMO)	0°
Кут нахилу (LAMS)	0°
Крутний момент (TQ)	3 Нм
Матеріал корпусу (БМК)	Сталь
Вага товару (вага)	0,6571 кг
Ідентифікатор основної вставки (MIID)	ВБМТ 16 04 08
Загальна довжина (OAL)	150 мм

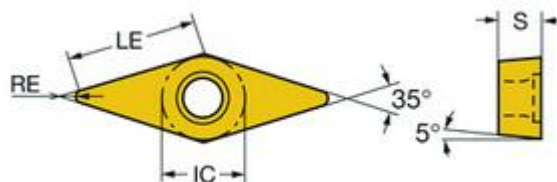
Рисунок 3.9 – Державка різця «SVJBR 2525M 16»

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP.ПМКМ-011.00.00.000 ПЗ

Арк.

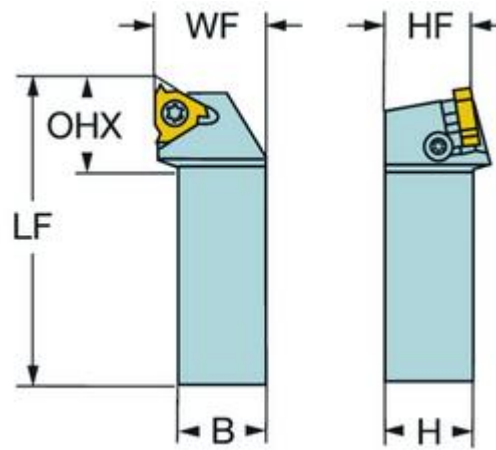
37



Матеріал(и) заготовки (TMC1ISO)	П. К.
Стружколом (CBMD)	Зв'язки з громадськістю
Тип операції (КТПТ)	чорнова обробка
Вставити код способу кріплення (метрична система) (IFS)	Частково циліндричний, зенкування 40-60 градусів з одного або двох боків
Діаметр кріпильного отвору (D1)	4,4 мм
Розмір і форма вставки (РОЗМІР_РІЗУ)	VB1604
Кількість передових лез (CEDC)	2
Діаметр вписаного кола (ДВК)	9,525 мм
Вставити код форми (SC)	Ромбічний 35
Ефективна довжина ріжучої кромки (LE)	15,8063 мм
Радіус кута (PE)	0,7938 мм
Ширина забортної поверхні (BN)	0,1 мм
Кут нахилу поверхні (GB)	0°
Рука (РУКА)	Нейтральний
Оцінка (ОЦІНКА)	4425
Субстрат (СУБСТРАТ)	Головний уповноважений
Покриття (COATING)	ХОП TiCN+Al2O3+TiN
Товщина вставки (S)	4,7625 мм
Великий кут заднього ходу (AN)	5°
Вага товару (вага)	0,0068 кг

Рисунок 3.10 – Ріжуча пластинка «VBMT 16 04 08-PR 4425»

					MP.ПМКМ-011.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38



Код типу затискання (МТР)

затискач з гвинтовим наскрізним отвором

Тип вставки (CUTINT_MASTER)

CoroThread - зовнішній розмір 22
(266.RG-22)

Осьовий кут заднього ходу (ALP)

-10°

Кут корекції нахилу спіралі різьби (THCA)

1°

Підключення - з боку машини (ADINTMS)

Прямокутний хвостовик - метричний: 25 x 25

Кут нахилу корпусу машини (BAMS)

0°

Максимальний виступ (OHX)

33,3 мм

Рука (PYKA)

Праворуч

Тип входу охолоджувальної рідини (CNCS)

без подачі охолоджувальної рідини

Ширина хвостовика (B)

25 мм

Висота хвостовика (H)

25 мм

Функціональна довжина (LF)

150 мм

Функціональна ширина (ФШ)

32 мм

Функціональна висота (HF)

25 мм

Загальна довжина (OAL)

150 мм

Крутний момент (TQ)

5 Нм

Вага товару (вага)

0,7293 кг

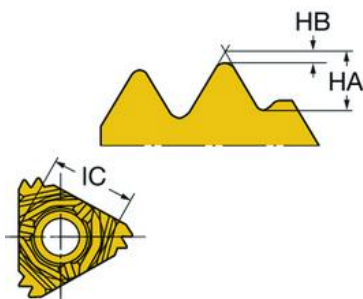
Рисунок 3.11 – Державка різця «266RFG-2525-22»

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР.ПМКМ-011.00.00.000 ПЗ

Арк.

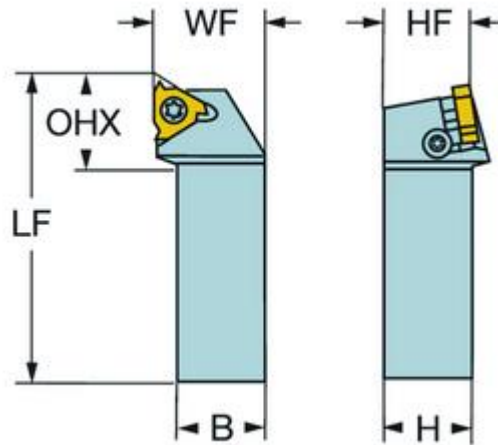
39



Матеріал(и) заготовки (TMC1ISO)	П М К Н С
Стружолом (CBMD) ©	A
Форма різьби (THFT)	M (метрична система 60°)
Стандартний номер (STDNO_1)	ISO 965-1998
Тип потоку (TTP)	зовнішній
Крок різьби (TP)	3 мм
Тип профілю різьби (TPT)	повний профіль
Кількість зубів (NT)	2
Клас допуску різьби (TCTR)	IT 6
Теоретична висота різьби (HA)	2,25 мм
Різниця висот різьби (HB)	0,42 мм
Відстань профілю ex (PDX)	4,4 мм
Відстань профілю ey (PDY)	2,756 мм
Вставити код способу кріплення (метрична система) (IFS)	Отвір з потайною головкою 40°-60°, дно рейки
Діаметр кріпильного отвору (D1)	5,7 мм
Розмір і форма вставки (POZMIP_PIZU)	CoroThread 266/254 - зовнішній розмір 22R
Кількість передових лез (CEDC)	3
Діаметр вписаного кола (ДВК)	12,7 мм
Рука (РУКА)	Праворуч
Оцінка (ОЦІНКА)	1020
Субстрат (СУБСТРАТ)	Головний уповноважений
Покриття (COATING)	PVD TiN
Товщина вставки (S)	5,5626 мм
Вага товару (вага)	0,0093 кг

Рисунок 3.12 – Ріжуча пластинка «266RG-22MM02A300E 1020»

					MP.ПМКМ-011.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40



Код типу затискання (MTP)	затискач з гвинтовим наскрізним отвором
Тип вставки (CUTINT_MASTER)	CoroThread - зовнішній розмір 22 (266.RG-22)
Осьовий кут заднього ходу (ALP)	-10°
Кут корекції нахилу спіралі різьби (THCA)	1°
Підключення - з боку машини (ADINTMS)	Прямокутний хвостовик - метричний: 25 x 25
Кут нахилу корпусу машини (BAMS)	0°
Максимальний виступ (OHX)	33,3 мм
Рука (PYKA)	Праворуч
Тип входу охолоджувальної рідини (CNCS)	без подачі охолоджувальної рідини
Ширина хвостовика (B)	25 мм
Висота хвостовика (H)	25 мм
Функціональна довжина (LF)	150 мм
Функціональна ширина (ФШ)	32 мм
Функціональна висота (HF)	25 мм
Загальна довжина (OAL)	150 мм
Крутний момент (TQ)	5 Нм
Вага товару (вага)	0,7293 кг
Вставне сидло (SSC_M)	22

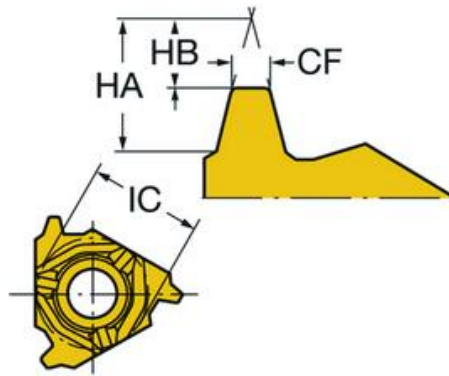
Рисунок 3.13 – Державка різця «266RFG-2525-22»

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP.ПМКМ-011.00.00.000 ПЗ

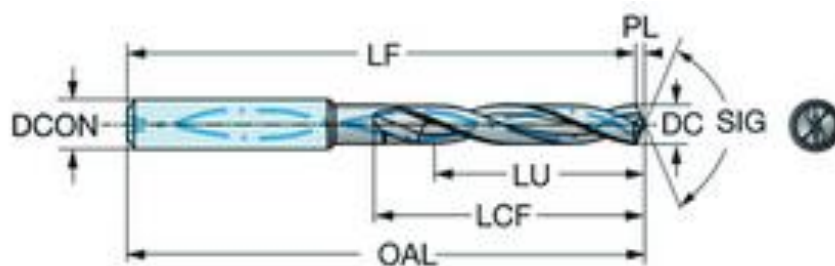
Арк.

41



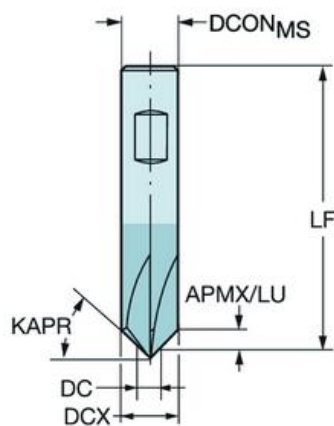
Матеріал(и) заготовки (TMC1ISO)	П М К Н Ш
Стружколом (CBMD)	Ф
Форма різьби (THFT)	Трапецієподібний кут 30° (TPN/TPG)
Стандартний номер (STDNO_1)	ISO 2901-2904
Стандартний номер (STDNO_2)	ДІН 103-1977
Тип потоку (TTP)	зовнішній
Крок різьби (TP)	7 мм
Тип профілю різьби (TPT)	повний профіль
Кількість зубів (NT)	1
Клас допуску різьби (TCTR)	IT 7
Теоретична висота різьби (HA)	8,38 мм
Різниця висот різьби (HB)	4,31 мм
Відстань профілю ex (PDX)	2,4 мм
Відстань профілю ey (PDY)	0,786 мм
Вставити код способу кріплення (метрична система) (IFS)	Отвір з потайною головкою 40°-60°, дно рейки
Діаметр кріпильного отвору (D1)	5,7 мм
Розмір і форма вставки (POZMIP_PIZU)	CoroThread 266/254 - зовнішній розмір 22R
Кількість передових лез (CEDC)	3
Діаметр вписаного кола (ДВК)	12,7 мм
Точкова фаска (CF)	2,31 мм
Рука (PYKA)	Праворуч

Рисунок 3.14 – Ріжуча пластинка «266RG-22TR01F700E 1020»



Матеріал(и) заготовки (TMC1ISO)	П
Діаметр різання (округ Колумбія)	6,8 мм
Діаметр з'єднання з боку машини (DCONMS)	8 мм
Корисна довжина (ЛУ)	40 мм
Досяжний допуск отвору (TCHA)	H8
Коефіцієнт корисної довжини та діаметра (ULDR)	5.8824
Ортогональний кут нахилу (GAMO)	17,73°
Ефективна кількість ріжучих кромок на поверхні (ZEFF)	2
Підключення - з боку машини (ADINTMS)	Циліндричний хвостовик (DIN6535-NA) - метричний: 8
Допуск діаметра з'єднання (TCDCON)	h6
Оцінка (ОЦІНКА)	P15M
Субстрат (СУБСТРАТ)	Головний уповноважений
Покриття (COATING)	PVD TiAlSiN+TiSiN
Стандартна група хвостовиків (BSG)	DIN 6537 L
Стружколом (CBMD)	вечір
Тип входу охолоджувальної рідини (CNSC)	осьовий концентричний вхід на колі
Кут вершини (SIG)	147°
Довжина точки (PL)	1,0071 мм
Загальна довжина (OAL)	91 мм
Функціональна довжина (LF)	89,9 мм
Довжина стружкової канавки (LCF)	53 мм
Максимальна швидкість обертання (RPMX)	11 703 об/хв
Вага товару (вага)	0,0454 кг

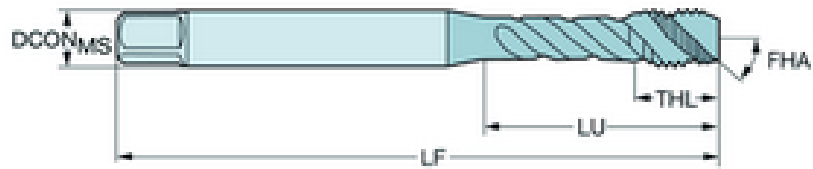
Рисунок 3.15 – Свердло «860.1-0680-040A1-PM P15M»



Матеріал(и) заготовки (TMC1ISO)	П М К Ш Х
Кут ріжучої кромки інструменту (КАПР)	60°
Діаметр різання (округ Колумбія)	1,5 мм
Максимальний діаметр різання (DCX)	10 мм
Максимальна глибина різання (APMX)	7,35 мм
Периферійна ефективна кількість ріжучих кромок (ZEFP)	4
Підключення - з боку машини (ADINTMS)	Велдон (DIN6535-HB) - метрична система: 10
Допуск діаметра з'єднання (TCDCON)	h6
Оцінка (ОЦІНКА)	1620 рік
Субстрат (СУБСТРАТ)	Головний уповноважений
Покриття (COATING)	PVD TiAlN
Стружколом (CBMD)	ПРЯМИЙ
Тип входу охолоджувальної рідини (CNSC)	без подачі охолоджувальної рідини
Діаметр з'єднання з боку машини (DCONMS)	10 мм
Функціональна довжина (LF)	98,7 мм
Діаметр корпусу (BD)	10 мм
Довжина тіла (фунти)	60 мм
Максимальна швидкість обертання (RPMX)	80 000 об/хв
Вага товару (вага)	0,1028 кг
Загальна довжина (OAL)	100 мм

Рисунок 3.16 – Зенківка «1C050-0150-060-ХВ 1620»

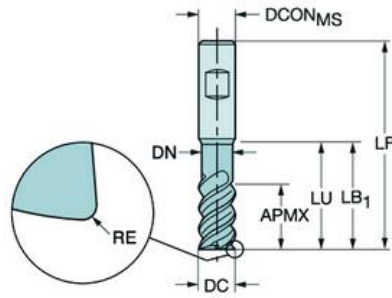
					MP.ПМКМ-011.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44



Матеріал(и) заготовки (TMC1ISO)	П М К Н С
Розмір різьби (TDZ)	M 8
Форма різьби (THFT)	M (метрична система 60°)
Довжина фаски мітчика (TCL)	2,6504 мм
Крок різьби (TP)	1,25 мм
Діаметр різьби (TD)	8 мм
Діаметр переднього отвору (PHD)	6,8 мм
Тип передньо обробленого отвору (PHT)	глухий отвір
Тип отвору (HTY)	глухий отвір
Клас допуску різьби (TCTR)	6G
Стандартна група хвостовиків (BSG)	ДІН 371
Корисна довжина (LU)	35 мм
Підключення - з боку машини (ADINTMS)	Хвостовик мітчика DIN - метричний: 8,00 x 6,20
Стружколом (CBMD)	XM
Оцінка (ОЦІНКА)	C110
Субстрат (СУБСТРАТ)	HSS-PM
Покриття (COATING)	PVD AlCrN
Тип входу охолоджувальної рідини (CNSC)	без подачі охолоджувальної рідини
Тип виходу охолоджувальної рідини (CXSC)	немає виходу охолоджувальної рідини
Діаметр з'єднання з боку машини (DCONMS)	8 мм
Допуск діаметра з'єднання (TCDCON)	h9
Функціональна довжина (LF)	90 мм
Діаметр горловини (DN)	6,5 мм
Кількість флейт (NOF)	3
Кут нахилу спіралі канавки (FHA)	45°
Радіальний кут нахилу (GAMF)	13°
Довжина різьблення (THL)	12 мм
Тип фаски різьби (THCHT)	C = 2-3xTP
Вага товару (вага)	0,0261 кг
Загальна довжина (OAL)	91,7 мм

Рисунок 3.17 – Мітчик «Т300-ХМ104DA-M8 C110»

					MP.ПМКМ-011.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45



Матеріал(и) заготовки (ТМС1ISO)	П. К.
Периферійна ефективна кількість ріжучих кромок (ZEFP)	5
Діаметр різання (округ Колумбія)	14 мм
Діаметр з'єднання з боку машини (DCONMS)	14 мм
Допуск діаметра з'єднання (ТСDCON)	h6
Максимальна глибина різання (APMX)	30 мм
Корисна довжина (ЛУ)	38 мм
Функціональна довжина (LF)	83 мм
Максимальна швидкість обертання (RPMX)	29 100 об/хв
Підключення - з боку машини (ADINTMS)	Велдон (DIN6535-HB) - метрична система: 14
Кутова фаска (KCH)	45°
Ширина фаски кута (CHW)	0,15 мм
Максимальний кут нахилу (RMPX_FFW)	10°
Максимальна глибина різання (APMX_PFW)	30 мм
Кут нахилу спіралі канавки (FHA)	38°
Максимальна глибина різання (APMX_FFW)	30 мм
Оцінка (ОЦІНКА)	P2BM
Субстрат (СУБСТРАТ)	Головний уповноважений
Покриття (COATING)	PVD TiAlCrSiN
Тип входу охолоджувальної рідини (CNCS)	без подачі охолоджувальної рідини
Діаметр тіла (BD_1)	13,3 мм
Діаметр тіла (BD_2)	13,3 мм
Діаметр горловини (DN)	13,3 мм
Довжина тіла (LB_1)	38 мм
Довжина тіла (LB_2)	38,61 мм
Кут половини конусності корпусу (BHТА_1)	0°
Кут половини конусності корпусу (BHТА_2)	30°
Клас допуску діаметра різання (ТСDC)	h10
Діаметр різання контактної поверхні (DCF)	13,7 мм
Вага товару (вага)	0,154 кг

Рисунок 3.18 – Фреза кінцева «2N342-1400-PD P2BM»

					MP.ПМКМ-011.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

4. ПРОГРАМУВАННЯ ОБРОБКИ НА ВЕРСТАТІ З ЧПК

4.1 Моделювання деталі «Гвинт натискний ПК 012007.817.1»

Для того щоб зробити імітацію обробки деталі «Гвинт натискний ПК 012007.817.1» на верстатах з ЧПК потрібно спочатку створити 3D модель даної деталі за кресленням .

Для створення 3D моделі деталі вибираємо площину з переді на даній площині креслимо ескіз основи гвинта, виходимо із ескізу і застосовуємо операцію обертання , після цього створюємо фаску $1,6 \times 45^\circ$, далі вирізаємо квадрат на торці деталі , після цього нарізаємо усі потрібні різьби, 3D моделі деталі і древо побудови зображено на рисунку 4.1.

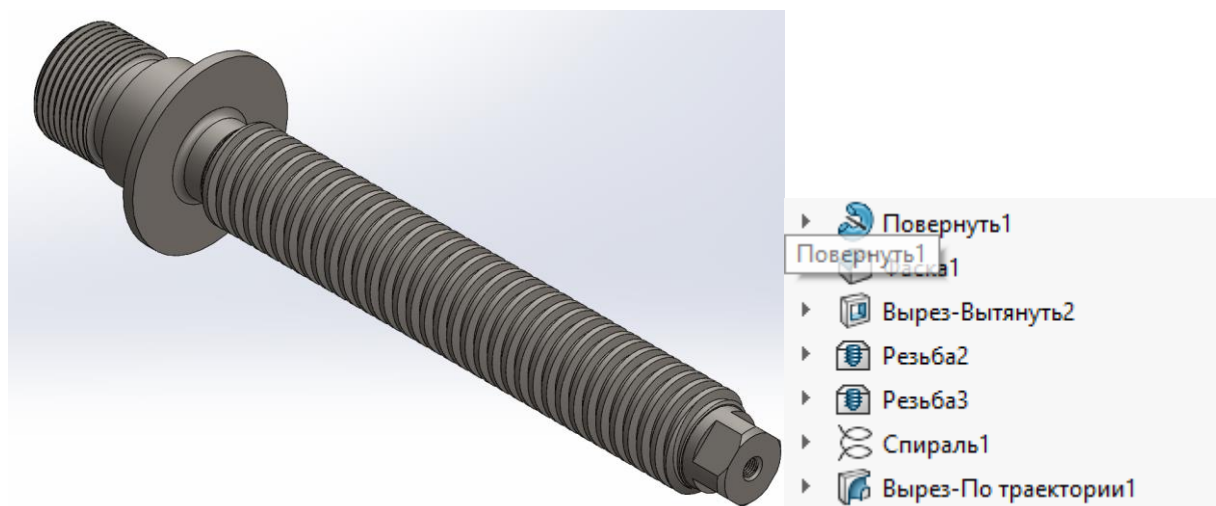


Рисунок 4.1 - 3D модель деталі «Гвинт натискний ПК 012007.817.1» із деревом побудови

4.1 Внесення технічних характеристики інструментів і верстату для операції 030 та 040.

Для того щоб створити керуючу програму для імітації обробки деталі на операції 030 потрібно винести технічні характеристики токарно-гвинторізного верстату Bernardo Master 360 Pro в базу даних програми, який буде використовуватися при імітації обробки на операціях 030, та 040.

Також в базу даних вносимо технічні характеристики ріжучого інструменту для обробки на дані операції, а саме: державка різця «PCLNR 2525M 19», ріжуча пластинка «CNMG 19 06 08-PR 4335», державка різця «SVJBR 2525M 16», ріжуча

					MP.ПМКМ-011.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

пластинка «VBMТ 16 04 08-PR 4425», державка різця «266RFG-2525-22», ріжуча пластинка «266RG-22MM02A300E 1020». Технічні характеристики даних інструментів показані нижче :

Станция Ромбовая вставка Державка

Профиль

Форма: Стандарт Идентификатор оправки : 10

Ширина державки: 25mm Толщина державки: 25mm

Длина державки: 150mm

Угол опережения: -5deg

Задний зеркальный угол: 0deg

Передний зеркальный угол: 0deg

Смещение при вставке по оси Z: 0mm

Смещение при вставке по оси X: 0mm

Вылет: 0mm

Направление: Слева

Комментарий: PCLNR 2525M 19

Грань державки

Боковая По торцу

Угол приращения по оси В:

Ориентация

Вниз вправо Вниз влево

Вправо вверх Влево вверх

Вправо вниз Влево вниз

Вверх вправо Вверх влево

Рисунок 4.2 – Державка різця «PCLNR 2525M 19»

Станция Ромбовая вставка Державка

№ вставки: 7

Угол при вершине (IA): 80deg

Вписанный круг (IC): 19.05mm

Радиус (R1): 0.8mm

Толщина : 6.35mm

Задний угол : 0deg

Материал инструмента : Carbide

Охлаждение : Эмульсия

Комментарий: CNMG 19 06 08-PR 4335

Показать

Рисунок 4.3 – Ріжуча пластинка «CNMG 19 06 08-PR 4335»

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP.ПМКМ-011.00.00.000 ПЗ

Арк.

48

Станция Ромбовая вставка Державка

Профиль

Форма: Стандарт Идентификатор оправки : 11

Ширина державки: 25mm Толщина державки: 25mm

Длина державки: 150mm

Угол опережения: -3deg

Задний зеркальный угол: 0deg

Передний зеркальный угол: 0deg

Смещение при вставке по оси Z: 0mm

Смещение при вставке по оси X: 0mm

Вылет: 0mm

Направление: Слева

Комментарий: SVJBR 2525M 16

Грань державки

Боковая По торцу

Угол приращения по оси B:

Ориентация

Вниз вправо Вниз влево

Вправо вверх Влево вверх

Вправо вниз Влево вниз

Вверх вправо Вверх влево

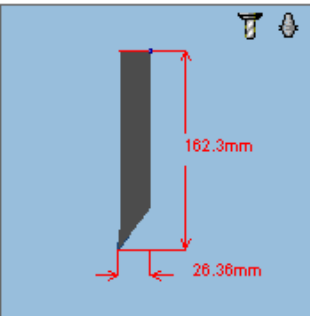


Рисунок 4.4 – Державка різця «SVJBR 2525M 16»

Станция Ромбовая вставка Державка

№ вставки: 8

Угол при вершине (IA): 35deg

Вписанный круг (IC): 9.5mm

Радиус (R1): 0.8mm

Толщина : 4.76mm

Задний угол : 0deg

Материал инструмента : Carbide

Охлаждение : Эмульсия

Комментарий: VBMT 16 04 08-PR 4425

Показать

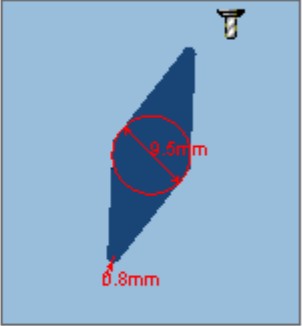


Рисунок 4.5 – Ріжуча пластинка «VBMT 16 04 08-PR 4425»

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP.ПМКМ-011.00.00.000 ПЗ

Арк.

49

Станция Резьбовая вставка Державка

Профиль

Форма: Стандарт Идентификатор оправки : 7

Ширина державки: 25mm Толщина державки: 25mm

Длина державки: 150mm

Угол опережения: 30deg

Задний зеркальный угол: 0deg

Передний зеркальный угол: 0deg

Смещение при вставке по оси Z: 0mm

Смещение при вставке по оси X: 0mm

Вылет: 9.52mm

Направление: Слева

Комментарий: 266RFG-2525-22

Грань державки

Боковая По торцу

Угол приращения по оси B:

Ориентация

Вниз вправо Вниз влево

Вправо вверх Влево вверх

Вправо вниз Влево вниз

Вверх вправо Вверх влево

Рисунок 4.6 – Державка різця «266RFG-2525-22»

Станция Резьбовая вставка Державка

№ вставки: 1

Угол при вершине (IA): 60deg

Длина (L): 12.7mm

Ширина (W): 3mm

Радиус (R1): 0.1mm

Толщина : 2.5mm

Задний угол : 0deg

Материал инструмента : Carbide

Охлаждение : Эмульсия

Комментарий: 36RG-22MM02A300E 1020

Показать

Рисунок 4.7 – Ріжуча пластинка «266RG-22MM02A300E 1020»

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР.ПМКМ-011.00.00.000 ПЗ

Арк.

50

4.2 Створення керуючої програми обробки на операцію 030.

Створюємо заготовку для обробку деталі «Гвинт натискний ПК 012007.817.1» на операції 030 (рисунок 4.8).

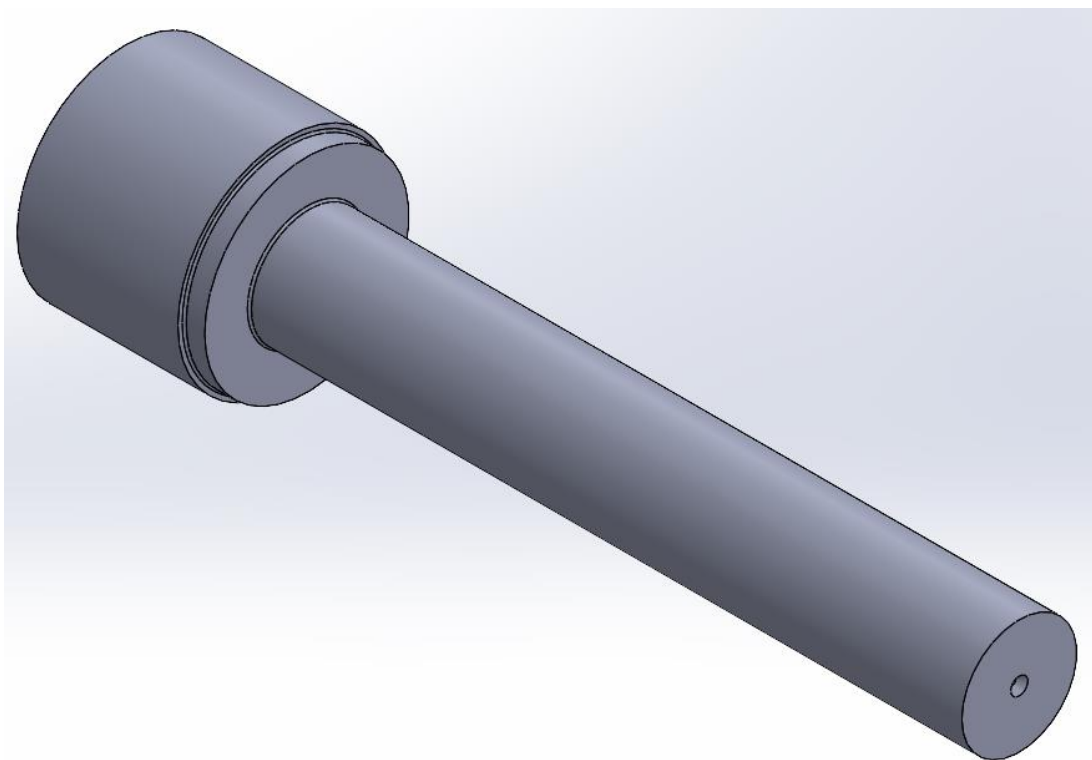


Рисунок 4.8 – Заготовка для обробки деталі на операції 030

Після налаштування імітації обробки даної деталі проходить без помилок. Тоді створюємо керуючу програму для обробки деталі «Гвинт натискний ПК 012007.817.1» на операції 030, код керуючої програми обробки даної операції знаходиться нижче.

```
%  
;10-12-2025; 030  
N10 G1 G96 S596 M3 T2 F0.264; '5@=>2001  
N20 G0 Z3.354 M8; PCLNR 2525M 19  
N30 X87.707  
N40 G95 G1 X81. Z0 F0.264  
N50 G95 Z-63.5 F0.264  
N60 G95 X85. F0.264  
N70 G95 X85.707 Z-63.146 F0.264
```

					MP.ПМКМ-011.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

N80 G0 X91.707
N90 Z0.354
N100 X77.741
N110 G95 G1 X77.034 Z0 F0.264
N120 G95 Z-63.5 F0.264
N130 G95 X81. F0.264
N140 G95 X81.707 Z-63.146 F0.264
N150 G0 X87.707
N160 Z0.354
N170 X73.775
N180 G95 G1 X73.068 Z0 F0.264
N190 G95 Z-63.5 F0.264
N200 G95 X77.034 F0.264
N210 G95 X77.741 Z-63.146 F0.264
N220 G0 X83.741
N230 Z0.354
N240 X69.809
N250 G95 G1 X69.102 Z0 F0.264
N260 G95 Z-63.5 F0.264
N270 G95 X73.068 F0.264
N280 G95 X73.775 Z-63.146 F0.264
N290 G0 X79.775
N300 Z0.354
N310 X65.843
N320 G95 G1 X65.136 Z0 F0.264
N330 G95 Z-63.5 F0.264
N340 G95 X69.102 F0.264
N350 G95 X69.809 Z-63.146 F0.264
N360 G0 X75.809

					МР.ПМКМ-011.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

N370 Z0.354
N380 X61.877
N390 G95 G1 X61.17 Z0 F0.264
N400 G95 Z-63.5 F0.264
N410 G95 X65.136 F0.264
N420 G95 X65.843 Z-63.146 F0.264
N430 G0 X71.843
N440 Z0.354
N450 X57.911
N460 G95 G1 X57.204 Z0 F0.264
N470 G95 Z-63.5 F0.264
N480 G95 X61.17 F0.264
N490 G95 X61.877 Z-63.146 F0.264
N500 G0 X67.877
N510 Z0.354
N520 X53.945
N530 G95 G1 X53.238 Z0 F0.264
N540 G95 Z-38.5 F0.264
N550 G95 X55. F0.264
N560 G95 Z-63.5 F0.264
N570 G95 X57.204 F0.264
N580 G95 X57.911 Z-63.146 F0.264
N590 G0 X63.911
N600 Z0.354
N610 X49.979
N620 G95 G1 X49.271 Z0 F0.264
N630 G95 Z-1.983 F0.264
N640 G95 X51. Z-2.847 F0.264
N650 G95 Z-38.5 F0.264

					МР.ПМКМ-011.00.00.000 ПЗ	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		53

N660 G95 X53.238 F0.264
N670 G95 X53.945 Z-38.146 F0.264
N680 G95 X54.845 F0.264
N690 G0 X59.945
N700 Z0.5
N710 X47.501
N720 G95 G1 X45.305 F0.264
N730 G95 Z0 F0.264
N740 G95 X49.271 Z-1.983 F0.264
N750 G95 X50.271 F0.264
N760 G0 Z0.831
N770 X41.814
N780 G95 G1 Z0.331 F0.264
N790 G95 X49. Z-3.262 F0.264
N800 G95 Z-39.5 F0.264
N810 G95 X53. F0.264
N820 G95 Z-63.8 F0.264
N830 G95 G2 X54.4 Z-64.5 CR=.7 F0.264
N840 G95 G1 X78.4 F0.264
N850 G95 X79.107 Z-64.146 F0.264
N860 G0 X89.4
N870 X508. Z127.
N880 M9
N890 M5
N900 M1
N910 G0 G96 S548 M3 T3; '8AB>2001
N920 Z3.266 M8; SVJBR 2525M 16
N930 X47.531
N940 G95 G1 X41.531 Z0.266 F0.409

					МР.ПМКМ-011.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

N950 G95 Z-0.234 F0.409

N960 G95 X47.531 Z-3.234 F0.409

N970 G95 G3 X48. Z-3.8 CR=.8 F0.409

N980 G95 G1 Z-29.8 F0.409

N990 G95 G3 X47.385 Z-30.43 CR=.8 F0.409

N1000 G95 G1 X42. Z-32.534 F0.409

N1010 G95 Z-37.386 F0.409

N1020 G95 G2 X42.117 Z-37.527 CR=.2 F0.409

N1030 G95 G1 X47.063 Z-40. F0.409

N1040 G95 X50.4 F0.409

N1050 G95 G3 X52. Z-40.8 CR=.8 F0.409

N1060 G95 G1 Z-63.8 F0.409

N1070 G95 G2 X54.4 Z-65. CR=1.2 F0.409

N1080 G95 G1 X78.4 F0.409

N1090 G95 X79.107 Z-64.646 F0.409

N1100 G0 X85.107

N1110 X508. Z127.

N1120 M9

N1130 M5

N1140 M1

N1150 G0 G96 S90 M3 T1; 57L101

N1160 Z0.65 M8; 266RFG-2525-22

N1170 X53.08

N1180 CYCLE97(3.000, , .650, -29.000, 48.000, 48.000, 0, 0, 2.25, .25, 0, 0, 4, 0,
1, 1)

N1190 M9

N1200 M5

N1210 M30

%

					МР.ПМКМ-011.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

4.3 Створення керуючої програми обробки на операцію 040.

Створюємо заготовку для обробку деталі «Гвинт натискний ПК 012007.817.1» на операцію 040 (рисунок 4.9).

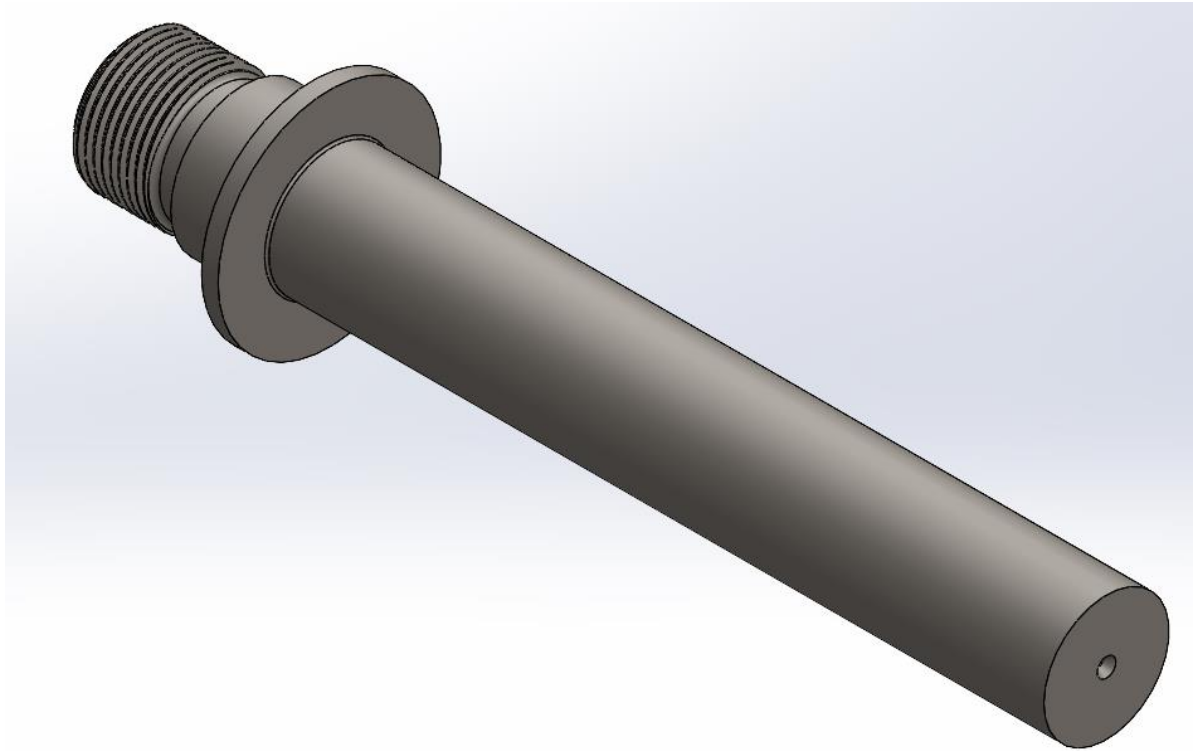


Рисунок 4.9 – Заготовка для обробки деталі на операції 040

Після налаштування імітації обробки даної деталі обробка проходить без помилок. Тоді створюємо керуючу програму для обробки деталі «Гвинт натискний ПК 012007.817.1» на операції 030, код керуючої програми обробки даної операції знаходиться нижче.

```
%  
;10-12-2025; 040  
N10 G1 G96 S548 M3 T2 F0.409; '5@=>2001  
N20 G0 Z3.354 M8; PCLNR 2525M 19  
N30 X45.707  
N40 G95 G1 X39. Z0 F0.409  
N50 G95 Z-20.847 F0.409  
N60 G95 X43.653 Z-23.174 F0.409  
N70 G95 G3 X45. Z-24.8 CR=2.3 F0.409
```

					МР.ПМКМ-011.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

N80 G95 G1 Z-264.3 F0.409
N90 G95 G3 X44.982 Z-264.5 CR=2.3 F0.409
N100 G95 G1 X42.533 Z-278.5 F0.409
N110 G95 X45. F0.409
N120 G95 X45.707 Z-278.146 F0.409
N130 G0 X51.707
N140 Z0.354
N150 X36.36
N160 G95 G1 X35.653 Z0 F0.409
N170 G95 Z-1.923 F0.409
N180 G95 G3 X36. Z-2.8 CR=2.3 F0.409
N190 G95 G1 Z-19.347 F0.409
N200 G95 X39. Z-20.847 F0.409
N210 G95 X40.9 F0.409
N220 G0 X46.
N230 Z0.5
N240 X34.36
N250 G95 G1 X32.305 F0.409
N260 G95 Z0 F0.409
N270 G95 X34.653 Z-1.174 F0.409
N280 G95 G3 X35.653 Z-1.923 CR=2.3 F0.409
N290 G95 G1 X36.576 Z-2.115 F0.409
N300 G0 X84.4
N310 Z0.831
N320 X28.814
N330 G95 G1 Z0.331 F0.409
N340 G95 X33.238 Z-1.881 F0.409
N350 G95 G3 X34. Z-2.8 CR=1.3 F0.409
N360 G95 G1 Z-19.775 F0.409

					МР.ПМКМ-011.00.00.000 ПЗ	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		57

N370 G95 G3 X34.238 Z-19.881 CR=1.3 F0.409
 N380 G95 G1 X42.238 Z-23.881 F0.409
 N390 G95 G3 X43. Z-24.8 CR=1.3 F0.409
 N400 G95 G1 Z-264.3 F0.409
 N410 G95 G3 X42.99 Z-264.413 CR=1.3 F0.409
 N420 G95 G1 X40.35 Z-279.5 F0.409
 N430 G95 X78.4 F0.409
 N440 G95 X79.107 Z-279.146 F0.409
 N450 G0 X85.107
 N460 X508. Z127.
 N470 M9
 N480 M5
 N490 M1
 N500 G0 G96 M3 T3; '8AB>2001
 N510 Z3.266 M8; SVJBR 2525M 16
 N520 X34.531
 N530 G95 G1 X28.531 Z0.266 F0.409
 N540 G95 Z-0.234 F0.409
 N550 G95 X32.531 Z-2.234 F0.409
 N560 G95 G3 X33. Z-2.8 CR=.8 F0.409
 N570 G95 G1 Z-20.058 F0.409
 N580 G95 G3 X33.531 Z-20.234 CR=.8 F0.409
 N590 G95 G1 X41.531 Z-24.234 F0.409
 N600 G95 G3 X42. Z-24.8 CR=.8 F0.409
 N610 G95 G1 Z-264.3 F0.409
 N620 G95 G3 X41.531 Z-264.866 CR=.8 F0.409
 N630 G95 G1 X33.117 Z-269.073 F0.409
 N640 G95 G2 X33. Z-269.214 CR=.2 F0.409
 N650 G95 G1 Z-277.8 F0.409

					МР.ПМКМ-011.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

N660 G95 G2 X37.4 Z-280. CR=2.2 F0.409

N670 G95 G1 X78.4 F0.409

N680 G95 X79.107 Z-279.646 F0.409

N690 G0 X85.107

N700 X508. Z127.

N710 M9

N720 M5

N730 M30

%

4.4 Внесення технічних характеристики інструментів і верстату для операції 050.

Для того щоб створити керуючу програму для імітації обробки деталі на операції 050 потрібно винести технічні характеристики вертикально-фрезерного верстата з ЧПК Knuth X.mill 400 в базу даних програми, який буде використовуватися при імітації обробки на операції 050.

Також в базу даних вносимо технічні характеристики ріжучого інструменту для обробки на операції 050 а саме: свердло «860.1-0680-040A1-PM P1BM», зенківка «1C050-0150-060-XB 1620», мітчик «Т300-ХМ104DA-M8 С110», фреза кінцева «2N342-1400-PD P2BM». Нижче показано технічні характеристики даних інструментів.

					MP.ПМКМ-011.00.00.000 ПЗ	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		59

Сверло Оправка Станция

Показать

Размеры инструмента

Диаметр (D1): 6.8mm

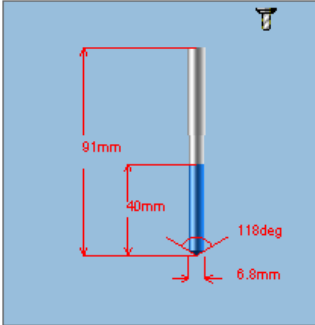
Угол заточки (A): 118deg

Длина заточки: 2.04mm

Режущая длина (L2): 40mm

Полная длина (L1): 91mm

Число зубьев: 2



Нережущая часть

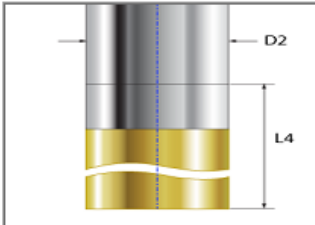
Тип: Цилиндр

Рабочий диаметр (D4): 6.8mm

Рабочая длина (L4): 53mm

Державка (D2): 8mm

Длина державки (L6): 53mm



Свойства

Рабочие параметры...

Материал инстр.: Cobalt

Типоразмер: 6.8mm

Номер в TechDB: 37

Комментарий: 860.1-0680-040A1-PM P1BM

Вращение

Правое

Левое

Рисунок 4.10 – Сверло «860.1-0680-040A1-PM P1BM»

Зенковка Оправка Станция

Показать

Размеры инструмента

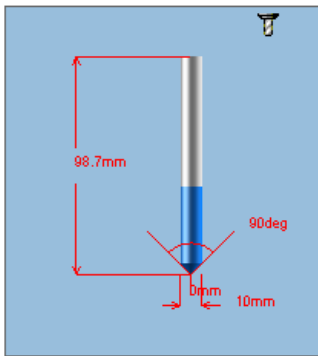
Диаметр (D1): 10mm

Диам. торца (D3): 0mm

Угол зенковки (A): 90deg

Полная длина (L1): 98.7mm

Число зубьев: 4



Нережущая часть

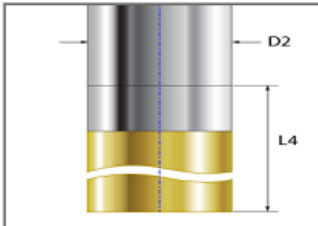
Тип: Цилиндр

Рабочий диаметр (D4): 10mm

Рабочая длина (L4): 40mm

Державка (D2): 10mm

Длина державки (L6): 40mm



Свойства

Рабочие параметры...

Типоразмер: 10 X 90

Материал инстр.: HSS

Номер в TechDB: 12

Комментарий: 1C050-0150-060-XB 1620

Вращение

Правое

Левое

Рисунок 4.11 – Зенківка «1C050-0150-060-XB 1620»

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP.ПМКМ-011.00.00.000 ПЗ

Арк.

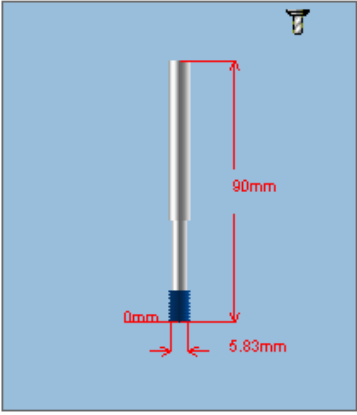
60

Метчик **Оправка** Станция

Показать

Обозначение резьбы: 8.0x1.25
Тип резьбы: MC

Размеры инструмента
 Наружный диаметр (D1): 8mm
 Шаг резьбы: 1.25mm
 Нерабочий конец (L5): 0mm
 Режущая длина (L2): 12mm
 Полная длина (L1): 90mm



Нережущая часть
 Тип: Цилиндр
 Рабочий диаметр (D4): 8mm
 Рабочая длина (L4): 35mm
 Державка (D2): 8mm
 Длина державки (L6): 35mm

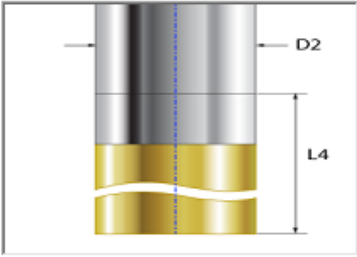


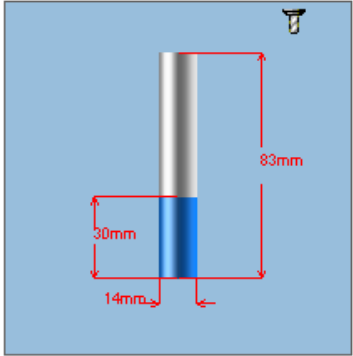
Рисунок 4.12 – Метчик «Т300-ХМ104ДА-М8 С110»

Фреза **Оправка** Станция

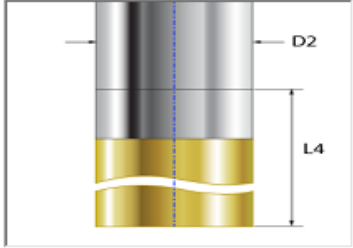
Показать

Тип фрезы: Концевая
Подтип: Черновая/чистовая

Размеры инструмента
 Рабочий диаметр (D1): 14mm
 Радиус конца (R): 0mm
 Режущая длина (L2): 30mm
 Полная длина (L1): 83mm
 Число зубьев: 4
 Резка по центру:



Нережущая часть
 Тип: Цилиндр
 Рабочий диаметр (D4): 14mm
 Рабочая длина (L4): 38mm
 Державка (D2): 14mm
 Длина державки (L6): 38mm



Свойства
 Рабочие параметры...
 Материал инстр.: Carbide
 Траектория для: Вершины фр
 Номер в TechDB: 17
 Комментарий: 2N342-1400-PD P2BM

Вращение
 Правое
 Левое

Рисунок 4.13 – Фреза кінцева «2N342-1400-PD P2BM»

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP.ПМКМ-011.00.00.000 ПЗ

Арк.

61

4.5 Створення керуючої програми обробки на операцію 050.

Створюємо заготовку для обробку деталі «Гвинт натискний ПК 012007.817.1» на операції 050 (рисунок 4.14).

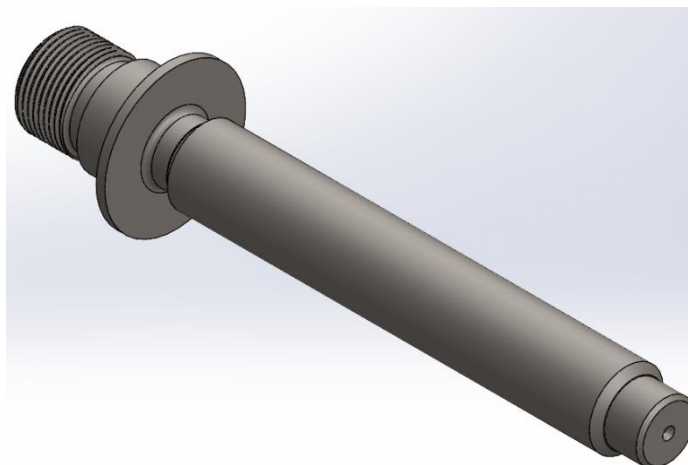


Рисунок 4.14 – Заготовка для обробки деталі на операції 050

Після налаштування імітації обробки даної деталі обробка проходить без помилок (рисунок 4.15). Тоді створюємо керуючу програму для обробки деталі «Гвинт натискний ПК 012007.817.1» на операції 050.

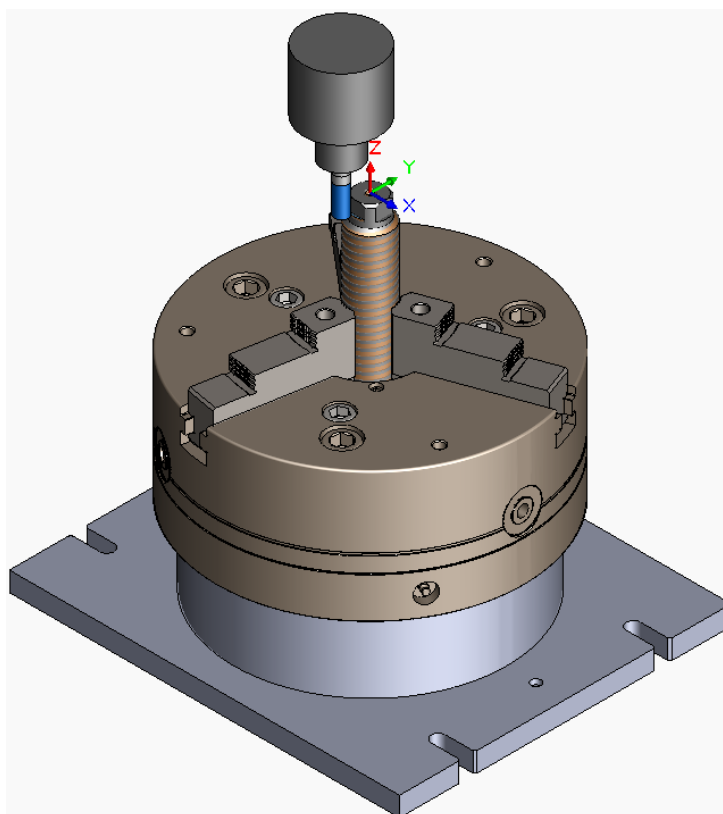


Рисунок 4.15 – Імітація обробки деталі на операції 050

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР.ПМКМ-011.00.00.000 ПЗ

Арк.

62

Код керуючої програми обробки даної операції знаходиться нижче.

%

;2N342-1400-PD P2BM

(TOOL DIAMETER = 14.0 CORNER RADIUS = 0.0 OFFSET= G54)

(TOOL PROTRUSION : 50.00)

(>=BC@=001)

(XY ALLOWANCE : 0.0000)

N1 G00 G71 G90 G54 G64 G40

N2 M06 T02

N3 S5412 M03

N4 G41 G00 X-8.732 Y21.

N5 Z3.

N6 G01 Z-3. F371.181

N7 X8.732 F1484.723

N8 G00 Z3.

N9 G40 X8.732 Y21.

N10 G41 X-8.732 Y21.

N11 Z0

N12 G01 Z-5. F371.181

N13 X8.732 F1484.723

N14 G00 Z3.

N15 G40 X8.732 Y21.

N16 G41 X-8.732 Y21.

N17 Z-2.

N18 G01 Z-7. F371.181

N19 X8.732 F1484.723

N20 G00 Z3.

N21 G40 X8.732 Y21.

N22 G41 X-8.732 Y21.

					MP.ПМКМ-011.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

N23 Z-4.
N24 G01 Z-9. F371.181
N25 X8.732 F1484.723
N26 G00 Z3.
N27 G40 X8.732 Y21.
N28 G41 X-8.732 Y21.
N29 Z-6.
N30 G01 Z-11. F371.181
N31 X8.732 F1484.723
N32 G00 Z3.
N33 G40 X8.732 Y21.
N34 G41 X-8.732 Y21.
N35 Z-8.
N36 G01 Z-13. F371.181
N37 X8.732 F1484.723
N38 G00 Z3.
N39 G40 X8.732 Y21.
N40 G41 X-8.732 Y21.
N41 Z-10.
N42 G01 Z-15. F371.181
N43 X8.732 F1484.723
N44 G00 Z3.
N45 Z25.
N46 G40 X8.732 Y21.
N47 X26.558 Y16.27
N48 Z3.
N49 G01 Z-3. F371.181
N50 G41 X21.41 Y11.122 F1113.543
N51 G03 X21. Y10.132 I22.4 J10.132

					MP.ПМКМ-011.00.00.000 ПЗ	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		64

N52 G01 Y-10.132 F1484.723
 N53 G03 X21.41 Y-11.122 I22.4 J-10.132
 N54 G40 G01 X26.558 Y-16.27
 N55 G00 Z3.
 N56 X26.558 Y16.27
 N57 Z0
 N58 G01 Z-5. F371.181
 N59 G41 X21.41 Y11.122 F1113.543
 N60 G03 X21. Y10.132 I22.4 J10.132
 N61 G01 Y-10.132 F1484.723
 N62 G03 X21.41 Y-11.122 I22.4 J-10.132
 N63 G40 G01 X26.558 Y-16.27
 N64 G00 Z3.
 N65 X26.558 Y16.27
 N66 Z-2.
 N67 G01 Z-7. F371.181
 N68 G41 X21.41 Y11.122 F1113.543
 N69 G03 X21. Y10.132 I22.4 J10.132
 N70 G01 Y-10.132 F1484.723
 N71 G03 X21.41 Y-11.122 I22.4 J-10.132
 N72 G40 G01 X26.558 Y-16.27
 N73 G00 Z3.
 N74 X26.558 Y16.27
 N75 Z-4.
 N76 G01 Z-9. F371.181
 N77 G41 X21.41 Y11.122 F1113.543
 N78 G03 X21. Y10.132 I22.4 J10.132
 N79 G01 Y-10.132 F1484.723
 N80 G03 X21.41 Y-11.122 I22.4 J-10.132

					MP.ПМКМ-011.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

N81 G40 G01 X26.558 Y-16.27
 N82 G00 Z3.
 N83 X26.558 Y16.27
 N84 Z-6.
 N85 G01 Z-11. F371.181
 N86 G41 X21.41 Y11.122 F1113.543
 N87 G03 X21. Y10.132 I22.4 J10.132
 N88 G01 Y-10.132 F1484.723
 N89 G03 X21.41 Y-11.122 I22.4 J-10.132
 N90 G40 G01 X26.558 Y-16.27
 N91 G00 Z3.
 N92 X26.558 Y16.27
 N93 Z-8.
 N94 G01 Z-13. F371.181
 N95 G41 X21.41 Y11.122 F1113.543
 N96 G03 X21. Y10.132 I22.4 J10.132
 N97 G01 Y-10.132 F1484.723
 N98 G03 X21.41 Y-11.122 I22.4 J-10.132
 N99 G40 G01 X26.558 Y-16.27
 N100 G00 Z3.
 N101 X26.558 Y16.27
 N102 Z-10.
 N103 G01 Z-15. F371.181
 N104 G41 X21.41 Y11.122 F1113.543
 N105 G03 X21. Y10.132 I22.4 J10.132
 N106 G01 Y-10.132 F1484.723
 N107 G03 X21.41 Y-11.122 I22.4 J-10.132
 N108 G40 G01 X26.558 Y-16.27
 N109 G00 Z3.

					MP.ПМКМ-011.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

N110 Z25.
N111 X8.732 Y-21.
N112 Z3.
N113 G01 Z-3. F371.181
N114 G41 X-8.732 Y-21. F1484.723
N115 G00 Z3.
N116 G40 X-8.732 Y-21.
N117 X8.732 Y-21.
N118 Z0
N119 G01 Z-5. F371.181
N120 G41 X-8.732 Y-21. F1484.723
N121 G00 Z3.
N122 G40 X-8.732 Y-21.
N123 X8.732 Y-21.
N124 Z-2.
N125 G01 Z-7. F371.181
N126 G41 X-8.732 Y-21. F1484.723
N127 G00 Z3.
N128 G40 X-8.732 Y-21.
N129 X8.732 Y-21.
N130 Z-4.
N131 G01 Z-9. F371.181
N132 G41 X-8.732 Y-21. F1484.723
N133 G00 Z3.
N134 G40 X-8.732 Y-21.
N135 X8.732 Y-21.
N136 Z-6.
N137 G01 Z-11. F371.181
N138 G41 X-8.732 Y-21. F1484.723

					MP.ПМКМ-011.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

N139 G00 Z3.
N140 G40 X-8.732 Y-21.
N141 X8.732 Y-21.
N142 Z-8.
N143 G01 Z-13. F371.181
N144 G41 X-8.732 Y-21. F1484.723
N145 G00 Z3.
N146 G40 X-8.732 Y-21.
N147 X8.732 Y-21.
N148 Z-10.
N149 G01 Z-15. F371.181
N150 G41 X-8.732 Y-21. F1484.723
N151 G00 Z3.
N152 Z25.
N153 G40 X-8.732 Y-21.
N154 X-21. Y-8.732
N155 Z3.
N156 G01 Z-3. F371.181
N157 G41 X-21. Y8.732 F1484.723
N158 G00 Z3.
N159 G40 X-21. Y8.732
N160 X-21. Y-8.732
N161 Z0
N162 G01 Z-5. F371.181
N163 G41 X-21. Y8.732 F1484.723
N164 G00 Z3.
N165 G40 X-21. Y8.732
N166 X-21. Y-8.732
N167 Z-2.

					MP.ПМКМ-011.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

N168 G01 Z-7. F371.181
N169 G41 X-21. Y8.732 F1484.723
N170 G00 Z3.
N171 G40 X-21. Y8.732
N172 X-21. Y-8.732
N173 Z-4.
N174 G01 Z-9. F371.181
N175 G41 X-21. Y8.732 F1484.723
N176 G00 Z3.
N177 G40 X-21. Y8.732
N178 X-21. Y-8.732
N179 Z-6.
N180 G01 Z-11. F371.181
N181 G41 X-21. Y8.732 F1484.723
N182 G00 Z3.
N183 G40 X-21. Y8.732
N184 X-21. Y-8.732
N185 Z-8.
N186 G01 Z-13. F371.181
N187 G41 X-21. Y8.732 F1484.723
N188 G00 Z3.
N189 G40 X-21. Y8.732
N190 X-21. Y-8.732
N191 Z-10.
N192 G01 Z-15. F371.181
N193 G41 X-21. Y8.732 F1484.723
N194 G00 Z3.
N195 Z25.
N196 G40 X-21. Y8.732

					МР.ПМКМ-011.00.00.000 ПЗ	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		69

N197 M06 T01;860.1-0680-040A1-PM P1BM

N198 S11828 M03

N199 MCALL CYCLE83(25.,0,3.,,27.041,,5.,2.,0,0,1,1)

N200 X0 Y0 F1321.895 M03

N201 MCALL

N202 M06 T04;1C050-0150-060-XB 1620

N203 S6558 M03

N204 MCALL CYCLE82(25.,0,3.,,5.,,1)

N205 X0 Y0 F799.626 M03

N206 MCALL

N207 M06 T03;T300-XM104DA-M8 C110

N208 S958 M03

N209 MCALL CYCLE840(25.,0,3.,,20.,0,4,3,1)

N210 X0 Y0 F1197.601 M03

N211 MCALL

N212 M05

HOME

N213 M30

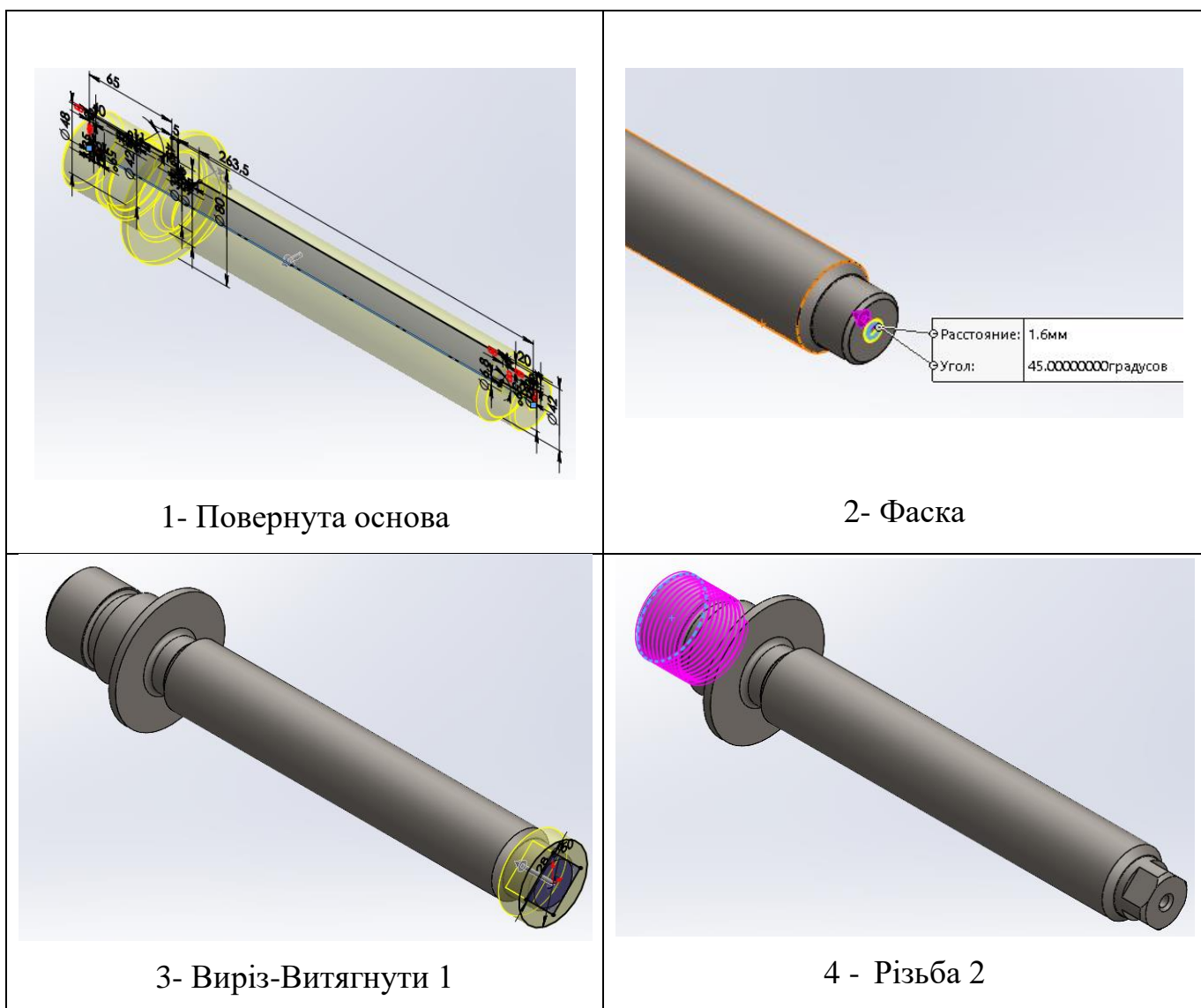
%

					MP.ПМКМ-011.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

рисунок 5.1. Послідовність кроків, використаних для розробки параметричної моделі, ілюструється на рисунку 5.2.

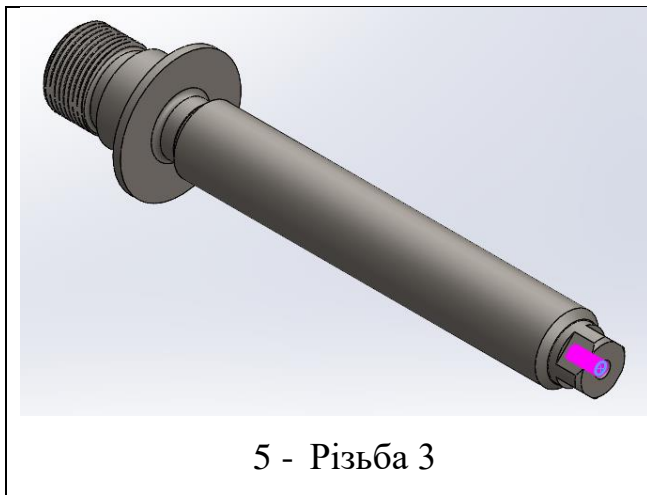
- ▶ Повернуть1
- ▶ Фаска1
- ▶ Вырез-Вытянуть2
- ▶ Резьба2
- ▶ Резьба3
- ▶ Резьба4

Рисунок 5.1 — Структура (дерево) побудови параметричної моделі

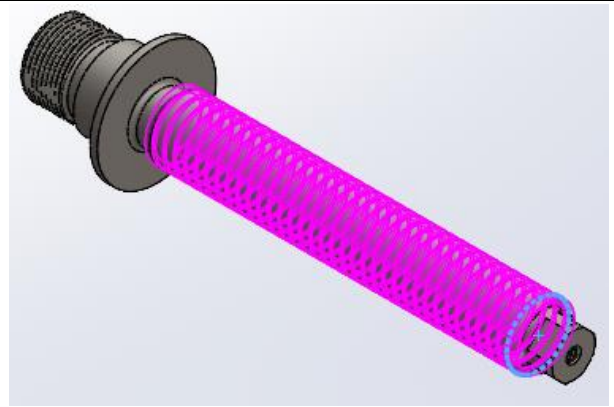


Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР.ПМКМ-011.00.00.000 ПЗ



5 - Різьба 3



6 - Різьба 4

Рисунок 5.2 – Послідовність кроків, використаних для розробки параметричної моделі

Висновок: створена параметрична модель дає змогу вивчати, як певні змінні (такі як конструктивні елементи «Повернута основа» та «Виріз-Витягнути 1») впливають на розподіл напружень, деформації та загальні експлуатаційні характеристики деталі.

Статична задача обчислення напруження і деформацій.

Ключові властивості матеріалу, необхідні для проведення статичного та динамічного аналізів, зібрані та представлені в таблиці 5.1. Сітка елементів статичної задачі рисунок 5.3

Таблиця 5.1 – Властивості матеріалу

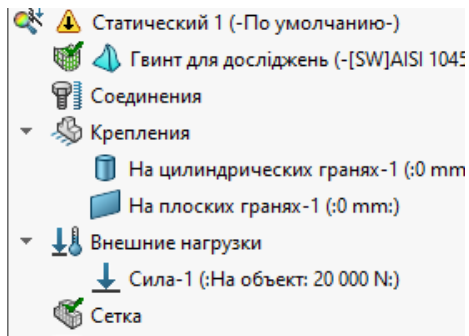
Назва:	AISI 1045 Сталь
Тип моделі:	Лінійний Пружний Ізотропний
Критерій міцності:	von Mises
Границя плинності:	5,3e+08 N/m ²
Границя міцності для розтягу:	6,25e+08 N/m ²
Модуль пружності:	2,05e+11 N/m ²
Коефіцієнт Пуассона:	0,29
Густина:	7 850 kg/m ³
Модуль зсуву:	8e+10 N/m ²
Коефіцієнт теплового розширення: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

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

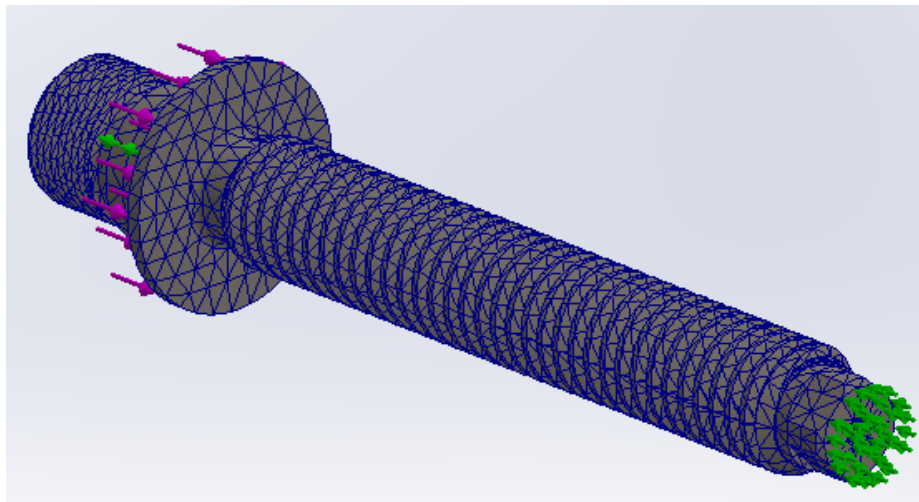
MP.ПМКМ-011.00.00.000 ПЗ

Арк.

73



а



б

Рисунок 5.3 - Дерево модели (а) і сітка елементів (б)

Для визначення граничних умов в моделі обираються дві ключові поверхні. Циліндрична поверхня діаметром 52 мм та поверхня отвору М8, обмежуючи їхнє переміщення виключно в радіальному напрямку (рисунок 5.4). Крім того, для торцевої частини натискного гвинта блокується можливість переміщення у перпендикулярному напрямку (рисунок 5.5).

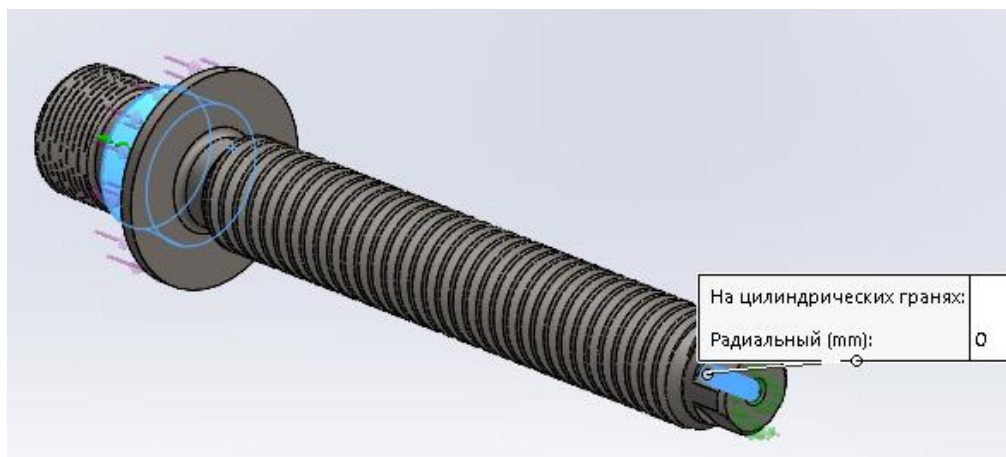


Рисунок 5.4 – Граничні умови, які накладаються «На циліндричні поверхні»

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР.ПМКМ-011.00.00.000 ПЗ

Арк.

74

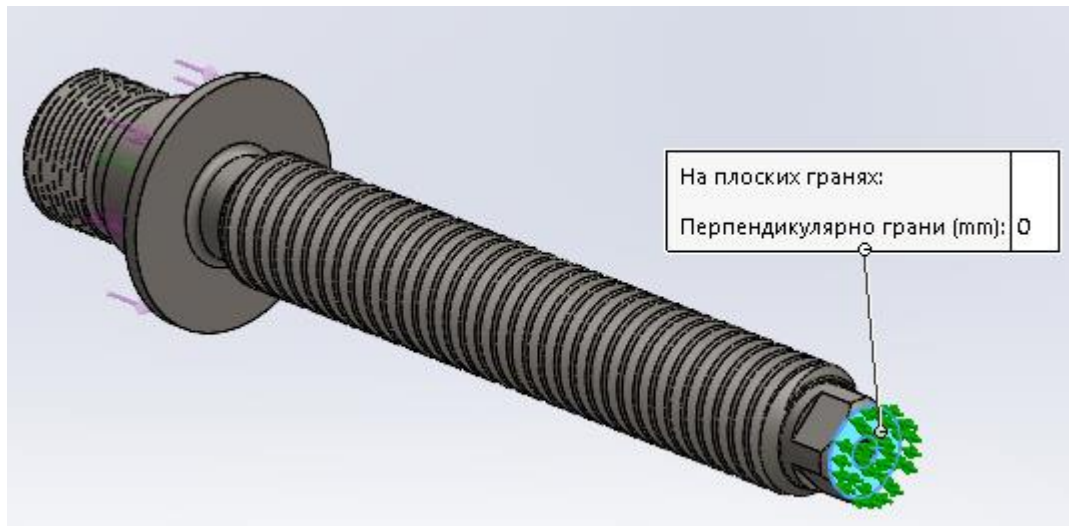


Рисунок 5.5 – Граничні умови, які накладаються «На поверхню торця гвинта натискного»

Для створення навантаження вибираємо плоску поверхню бортика діаметром 80 мм і прикладаємо силу 20000 Н. (рисунок 5.6).

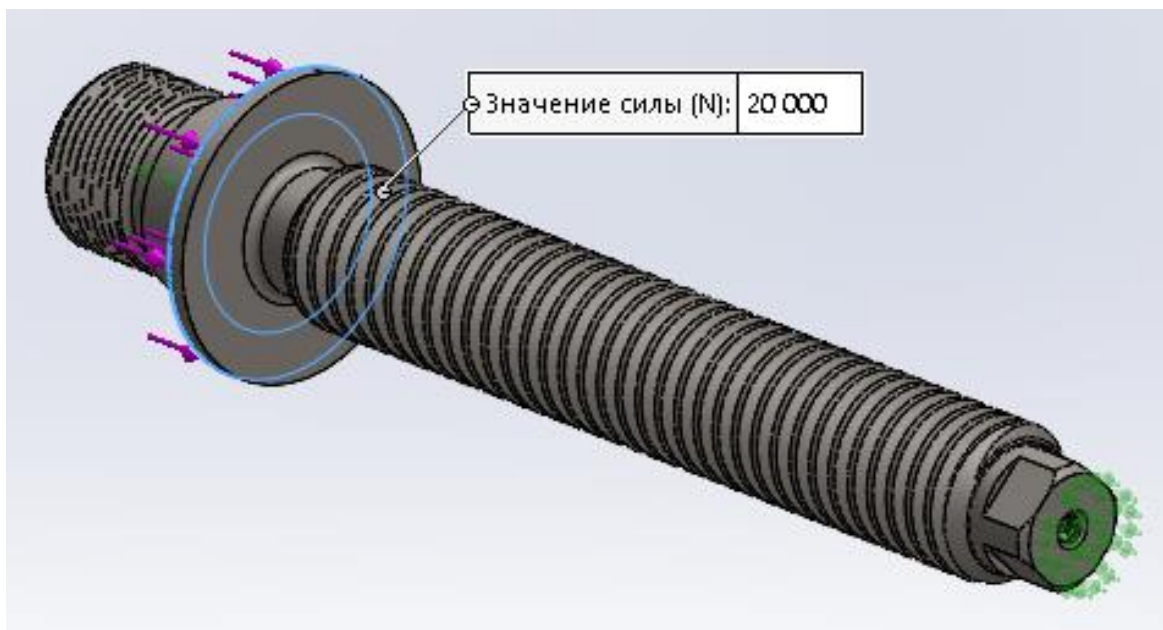


Рисунок 5.6 – Зусилля, яке діє на бортик «20000 Н»

Аналіз показує, що максимальний рівень еквівалентних напружень локалізований у зоні бурта діаметром 80 мм і становить 241 МПа (рисунок 5.7). Оскільки границя міцності $\sigma_{пл}=530$ МПа, умови для виникнення пластичних деформацій або статичного руйнування відсутні. Коефіцієнт запасу міцності при статичному навантаженні розраховано як відношення $530/241$, результат $n=2,19$.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

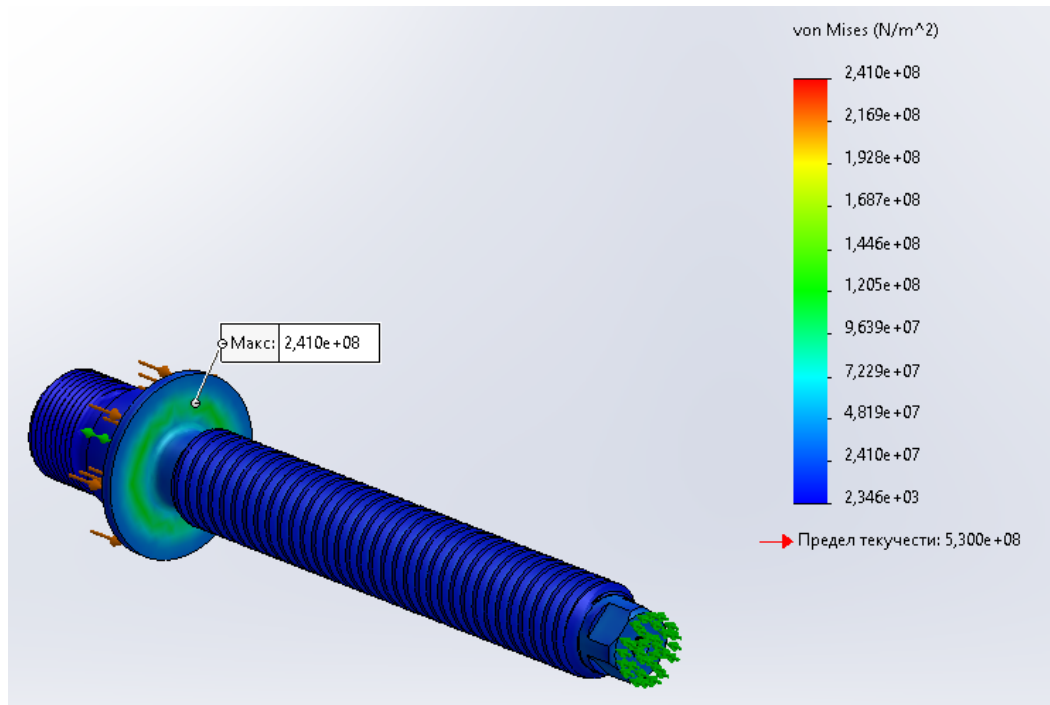


Рисунок 5.7 – Розподіл еквівалентних напружень (за критерієм Мізеса-Губера), МПа
 Найбільші переміщення спостерігаються в зоні торця елемента – натискного гвинта ПК 012007.817.1 (рисунок 5.8).

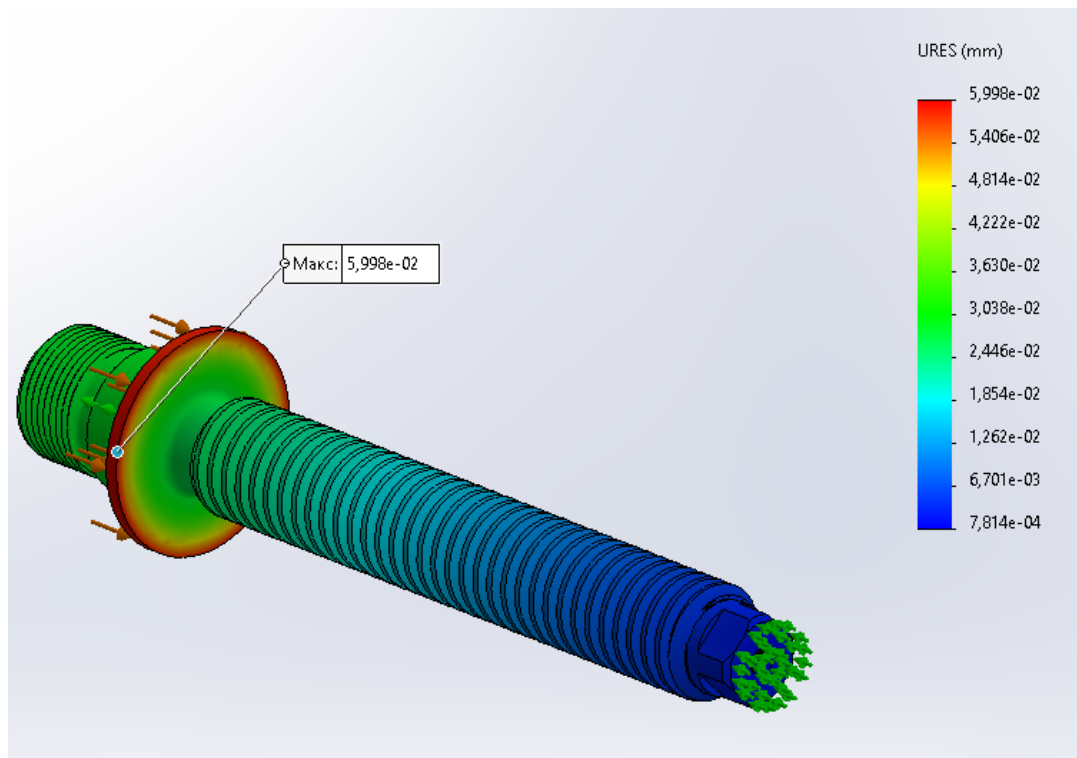


Рисунок 5.8 – Сумарні переміщення (мм)

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР.ПМКМ-011.00.00.000 ПЗ

Арк.

76

Висновок: За поточних умов експлуатації деталь демонструє суттєвий запас статичної міцності ($n=2,19$). Це створює передумови для подальшого зменшення її маси шляхом застосування методів параметричної та топологічної оптимізації.

Параметричний аналіз із застосуванням функції «Виявити тенденцію»

Параметром варіації для даного дослідження виступає товщина бортика, початкове значення якої становить 5 мм. Задано наступний діапазон повторів: 2,5 мм, 5 мм та 7,5 мм . Ціллю роботи є виявлення кореляції між зміною діаметра та такими показниками, як маса, еквівалентне напруження і переміщення. Отримання необхідних залежностей вимагає активації інструменту «Виявити тенденцію» (рисунок 5.9). Процедура включає послідовну зміну товщини бортика в цифровій моделі з обов'язковою перебудовою розрахункової сітки та виконанням симуляції на кожному етапі.

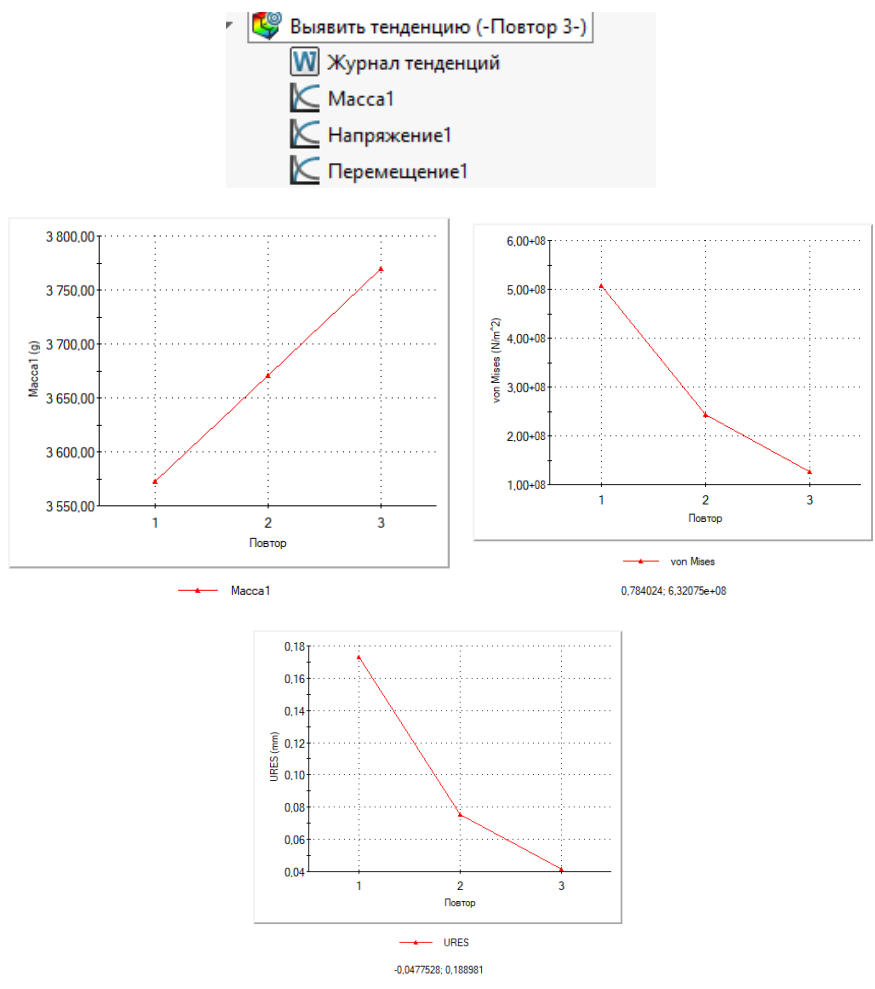


Рисунок 5.9 – Підсумки параметричного вивчення «Виявити закономірність»

					МР.ПМКМ-011.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

Видно по результатах дослідження, що зменшення товщини бортика викликає збільшення вага деталі і збільшення напруження і деформації.

Параметричний аналіз проектування

Застосований підхід до параметричного аналізу є значно автоматизованим.

Суть його полягає в тому, що програма виконує автоматичну перебудову цифрової моделі та обчислення відповідних значень вихідних характеристик для різних сполучень вхідних розмірів. У рамках цього аналізу визначено два основні вихідні показники: діаметр бортика $d=80$ мм і товщина $t=5$ мм (зображення 5.10).

Крім того, накладаються певні обмеження на масу виробу та внутрішні напруження (рисунок 5.11).

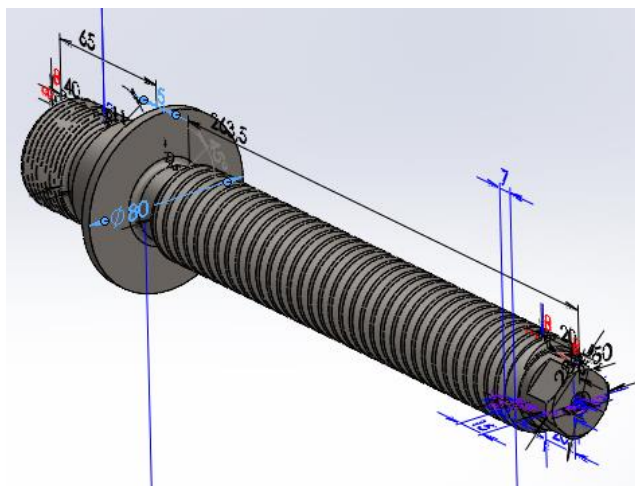


Рисунок 5.10 – Параметри, що використовуються в дослідженні.

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		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
d	Введите значение	70мм	80мм	90мм	100мм	70мм	80мм	90мм	100мм	70мм	80мм	90мм	100мм
t	Введите значение	2.5мм	2.5мм	2.5мм	2.5мм	5мм	5мм	5мм	5мм	7.5мм	7.5мм	7.5мм	7.5мм
Ограничения													
Напряжение1	Больше	Мин: 0 Нмм ²		Статический 1									
Масса1	Больше	Мин: 0.000000											

Рисунок 5.11– Визначення вхідних та кінцевих параметрів.

Програмне забезпечення проводить обчислення для дванадцяти різних варіантів (сценаріїв), як показано на рисунку 5.12. Отримані підсумки можна експортувати в текстовий файл формату CSV і в подальшому імпортувати в редактор Excel. Для створення тривимірної візуалізації (графіка), що відповідає структурі таблиці 5.2, вихідний набір даних необхідно транспонувати. Це перетворення легко виконати за допомогою функції ТРАНСП в Excel.

	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
d	80мм	80мм	70мм	80мм	90мм	100мм	70мм	80мм	90мм	100мм	70мм	80мм	90мм	100мм
t	5мм	5мм	2,5мм	2,5мм	2,5мм	2,5мм	5мм	5мм	5мм	5мм	7,5мм	7,5мм	7,5мм	7,5мм
Масса1	> 0.000000	3.670978	3.549211	3.572332	3.598534	3.627820	3.624738	3.670978	3.723384	3.781955	3.700264	3.789624	3.848233	3.936089
Напряжение1	> 0 Н/м²	2.2999e+08 Н/м²	2.2999e+08 Н/м²	3.5015e+08 Н/м²	5.0839e+08 Н/м²	6.3243e+08 Н/м²	6.5176e+08 Н/м²	1.8021e+08 Н/м²	2.4271e+08 Н/м²	2.6648e+08 Н/м²	3.2252e+08 Н/м²	1.0012e+08 Н/м²	1.3137e+08 Н/м²	1.5867e+08 Н/м²

Рисунок 5.12– Підсумки аналізу параметрів.

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

t, мм	2,5		5		7,5	
d, мм	σ	m	σ	m	σ	m
70	350150000	3,549211	1,6E+08	3,624738	1E+08	3,700264
80	508390000	3,572332	2,43E+08	3,670978	1,31E+08	3,769624
90	632430000	3,598534	2,66E+08	3,723384	1,57E+08	3,848233
100	851760000	3,62782	3,23E+08	3,781955	1,83E+08	3,936089

Проаналізовані залежності свідчать, що зменшення діаметра (d) та товщини (t) спричиняє зростання внутрішніх напружень. При цьому ключовим фактором впливу на рівень напружень є саме параметр **t** (товщина). У той же час, параметр **d** (діаметр) має помітніший вплив на загальну масу виробу (див. ілюстрації 5.13 та 5.14).

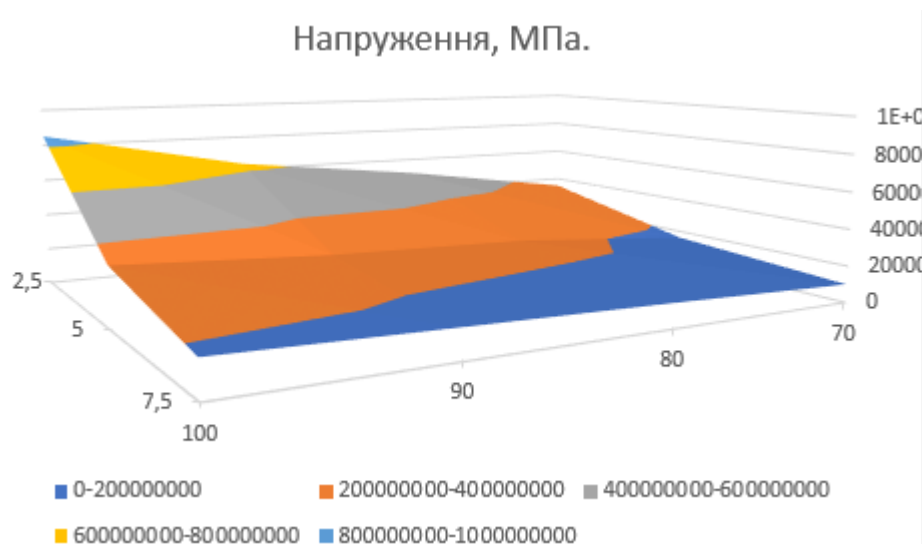


Рисунок 5.13 – Залежність еквівалентних напружень від діаметру d і товщини t

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР.ПМКМ-011.00.00.000 ПЗ

Арк.

79

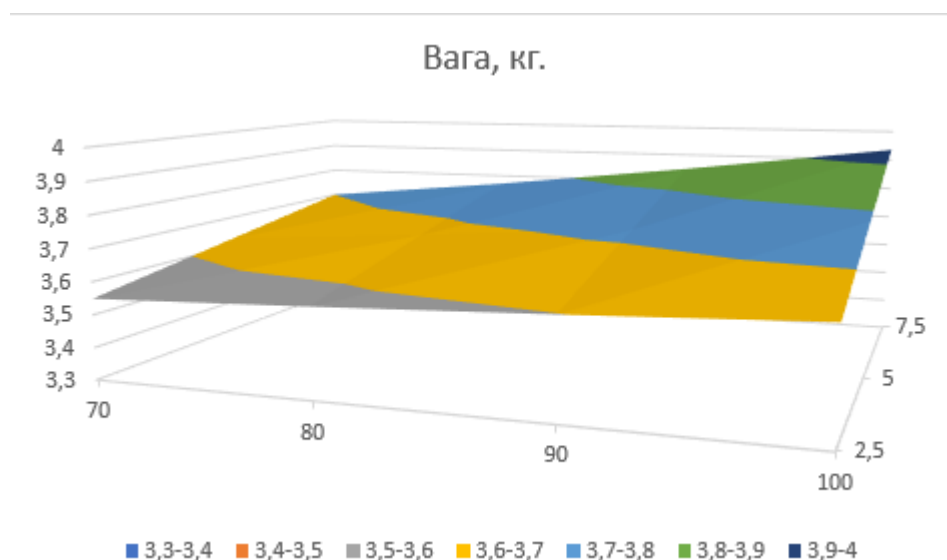


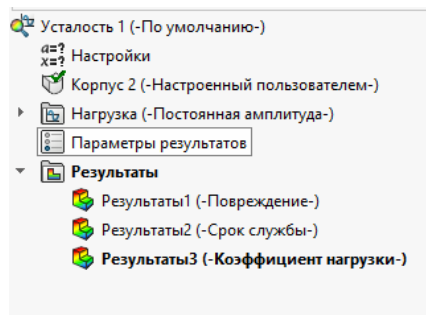
Рисунок 5.14 – Залежність маси від діаметру d і товщини t

Висновки: оптимальним рішенням для мінімізації маси та внутрішніх напружень є використання початкових параметрів: діаметр (d) 80 мм та товщина стінки (t) 5 мм. За цих умов розрахункове напруження становить $2,43E+08$, а загальна вага виробу — 3,670978.

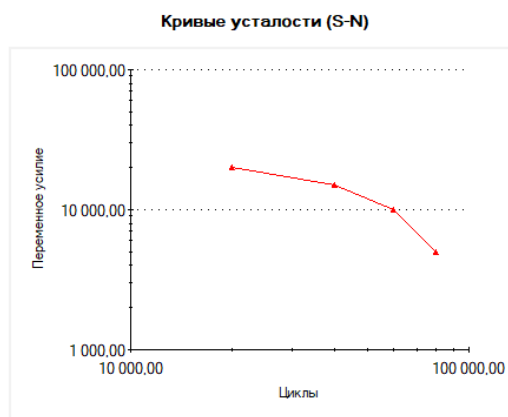
5.1 Обчислення циклічної довговічності деталі гвинт натискний.

Втома матеріалу — це явище послідовного накопичення дефектів та розширення тріщини, що виникає внаслідок дії повторюваних (циклічних) напружень. Характерною особливістю є те, що ці руйнівні напруги значно нижчі за ті критичні значення, які спричиняють миттєве руйнування конструкції при одноразовому (статичному) навантаженні.

Процес включає проведення статичного аналізу обраної оптимальної конструкції (аналогічно Задачі 1), після чого створюється спеціальний розрахунок на втому (з постійною амплітудою). Введення даних виконується у відповідному діалоговому вікні: у розділі "Навантаження" додається подія з параметрами $R=0$, $n=100000$ та масштабом 1. Слід мати на увазі, що типові налаштування програмного забезпечення ігнорують вплив середнього напруження циклу, що може призводити до завищення прогнозованої циклічної довговічності. Цю функцію можна активувати у властивостях аналізу за потреби.



а



б

Рисунок 5.1.1– Вхідні дані і результати дослідження (а)

Крива втоми для сталі 45 для R=0 (б)

На рисунку 5.1.2 представлені розраховані коефіцієнти запасу втомної міцності для деталі "гвинт натискний". Мінімальний показник, який становить 0,00003748, був зафіксований у зоні скруглення. Зважаючи на таке низьке значення, збільшення поточного навантаження є вкрай не рекомендованим.

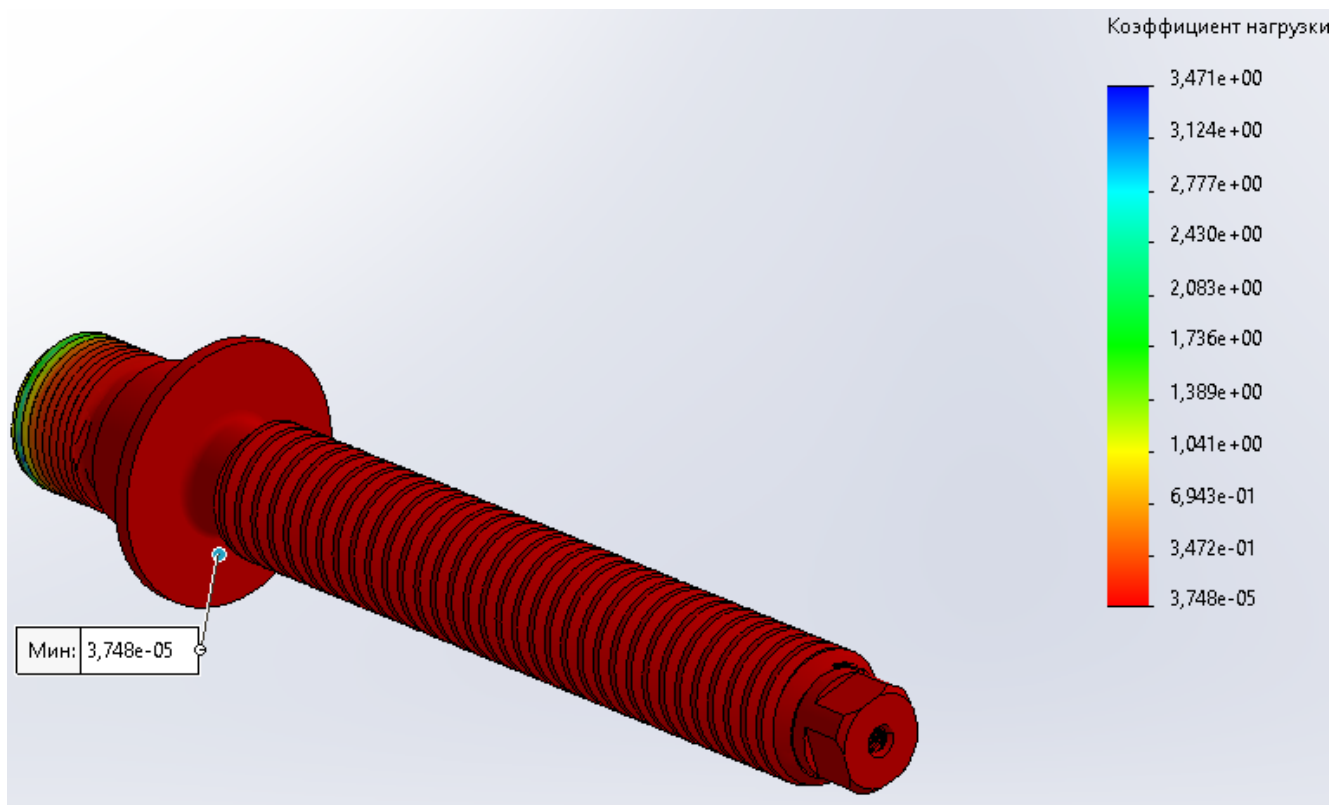


Рисунок 5.1.2 – Коефіцієнт запасу втомної міцності деталі гвинт натискний

5.2 Аналіз лінійних вільних та вимушених гармонічних коливань

Вільні коливання в конструкції виникають початковим зовнішнім збуренням. Вони обумовлені виключно внутрішніми силами пружності та інерції, а не дією зовнішніх періодичних навантажень. Форми та відповідні їм частоти (так звані власні частоти) цих коливань є внутрішньою характеристикою системи і залежать лише від її власних матриць мас і жорсткостей.

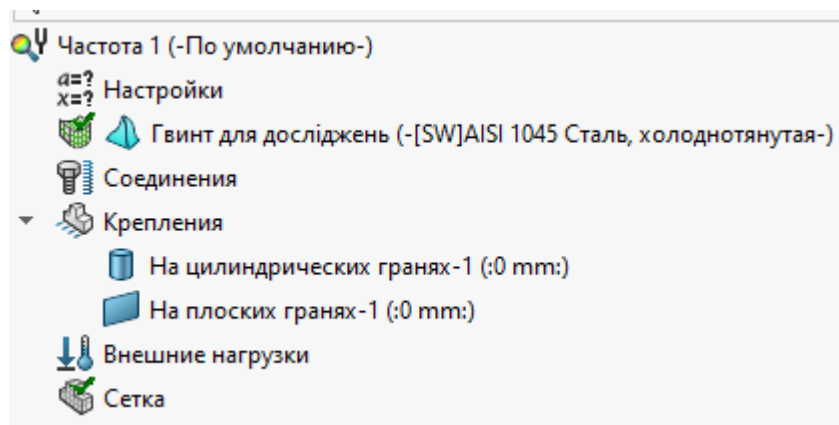
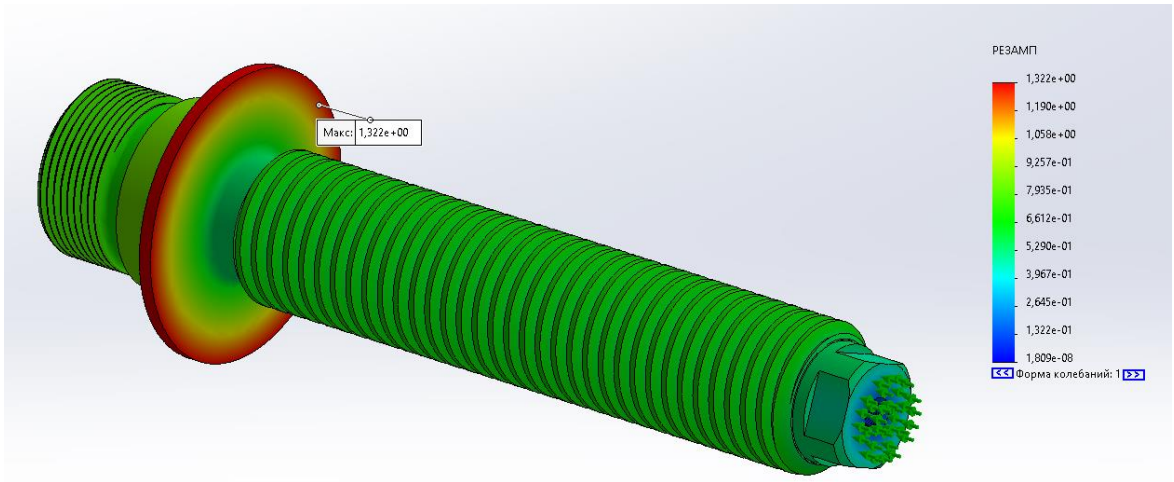


Рисунок 5.2.1 – Вхідні дані для дослідження

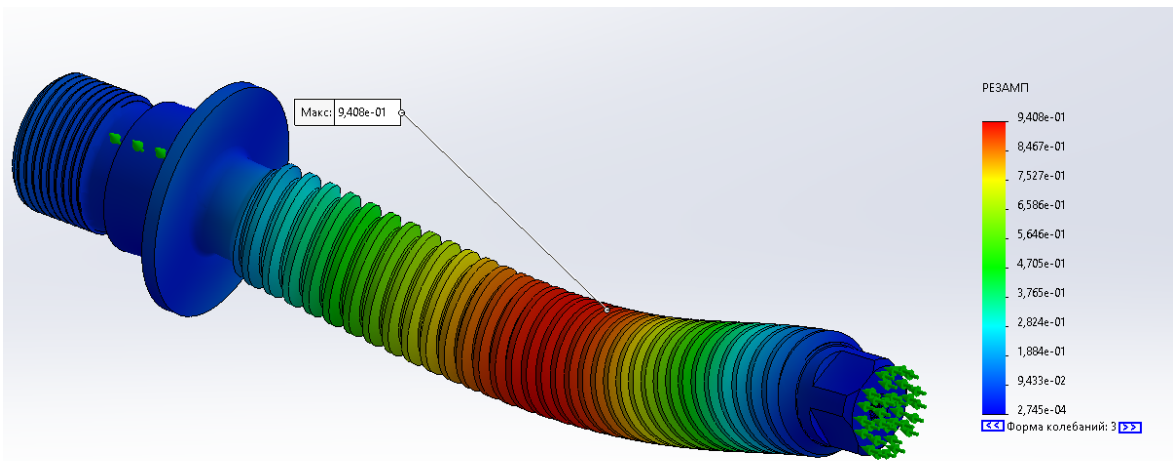
У таблиці 5.2.1 зафіксовані обчислені значення перших п'яти власних частот. На рисунку 5.2.2 візуалізовані відповідні форми коливань, які відображають відносні безрозмірні значення амплітуд.

Таблица 5.2.1 – Нормалізований вплив маси

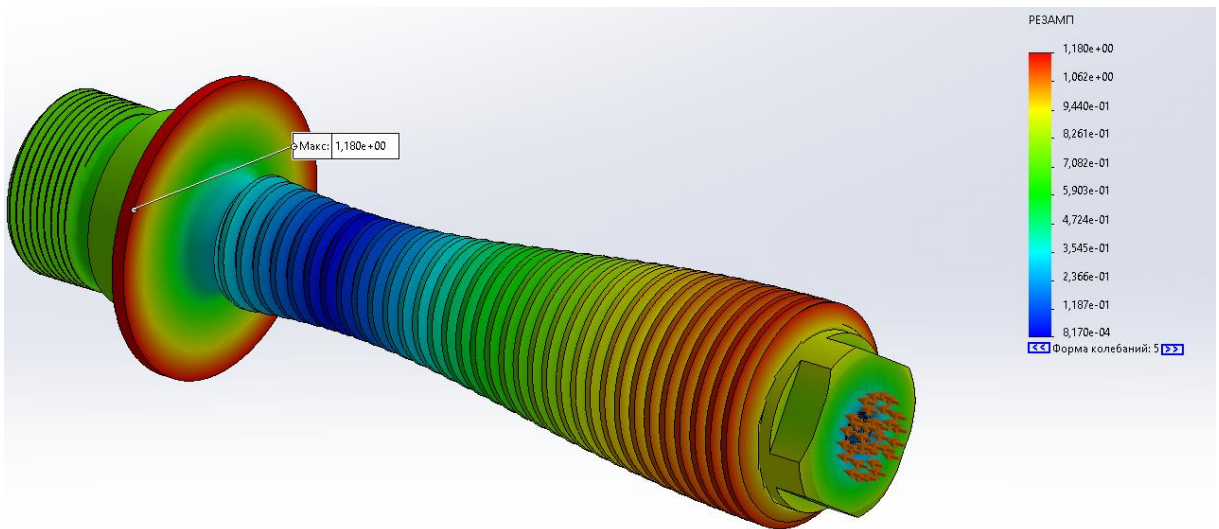
Режим No.	Частота (Герц)	Напрямок X	Напрямок Y	Напрямок Z
1	0,25432	4,8196e-20	2,9726e-09	1,5331e-07
2	1 625,7	1,9037e-08	0,34412	0,14809
3	1 626	3,1986e-09	0,14808	0,34414
4	2 966,9	0,85519	1,6612e-08	1,2016e-08
5	3 350,4	2,4901e-05	2,4308e-08	1,1874e-07
	Сума	X = 0,85521	Y = 0,4922	Z = 0,49223



а



б



в

Рисунок. 5.2.2 – Форми вільних коливань деталі: а- 0,25432Гц, б-1 626Гц, в-3 350,4 Гц

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР.ПМКМ-011.00.00.000 ПЗ

Арк.

83

Висновок. Найбільш суттєві радіальні викривлення поверхонь, як показав аналіз перших п'яти власних частот, виникають на частотах 1625,7 Гц та 3350,4 Гц.

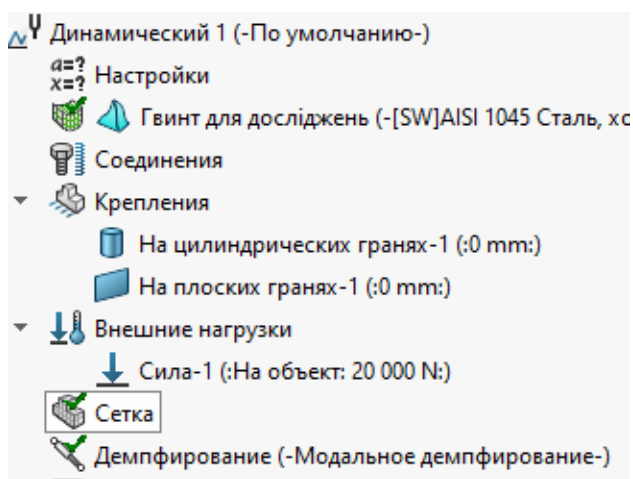
Лінійна динамічна задача: Аналіз вимушених гармонічних коливань

Метою даного аналізу є визначення амплітуд деформацій та напружень, що виникають в конструкції під впливом гармонічного навантаження (коли прикладена сила змінюється відповідно до гармонічного закону).

Процес обчислення передбачає ітеративне виконання розрахунків для широкого спектра частот у заданому діапазоні з певним кроком, що може зайняти значний час.

Вихідні параметри моделювання (Рисунок 5.2.3):

- Діапазон частот: Задано інтервал від 0 до 3350 Гц. Цей діапазон базується на результатах попередніх досліджень.
- Модальне демпфування: Враховується з розрахунком демпфування матеріалу.
- 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 20000 Н.



Рисунки 5.2.3 – Вхідні дані дослідження

					МР.ПМКМ-011.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		84

Аналіз амплітудно-частотних характеристик (АЧХ) обраних вузлів (рис. 5.2.4) дозволяє визначити резонансну частоту на рівні 2910 Гц. Незважаючи на ефект демпфування, зафіксовані амплітуди переміщень і напружень у проміжку 2760–5000 Гц є критично високими. З метою уникнення передчасного втомного руйнування конструкції, рекомендується виключити експлуатацію на даних частотах зовнішнього впливу.

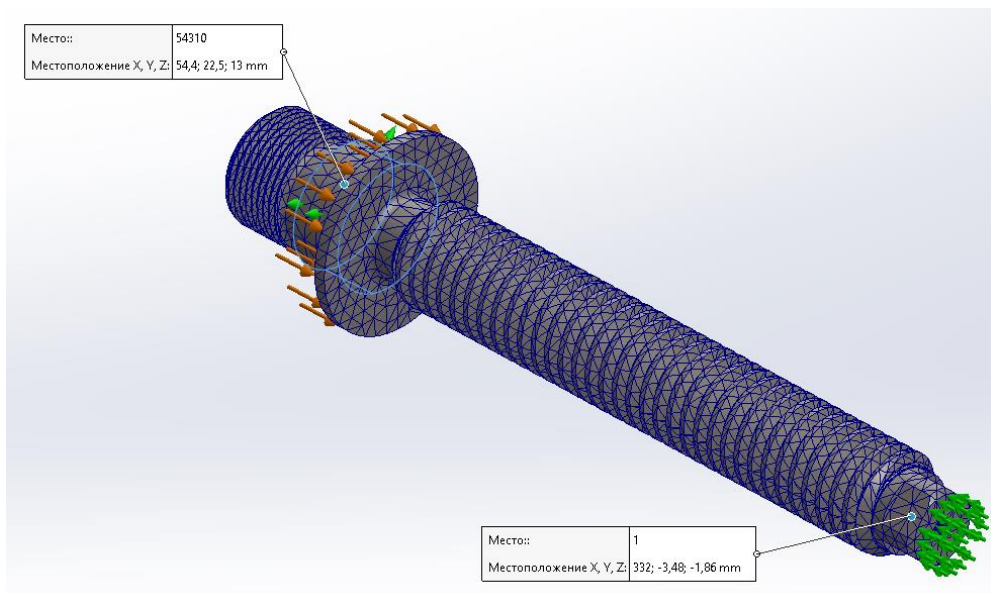
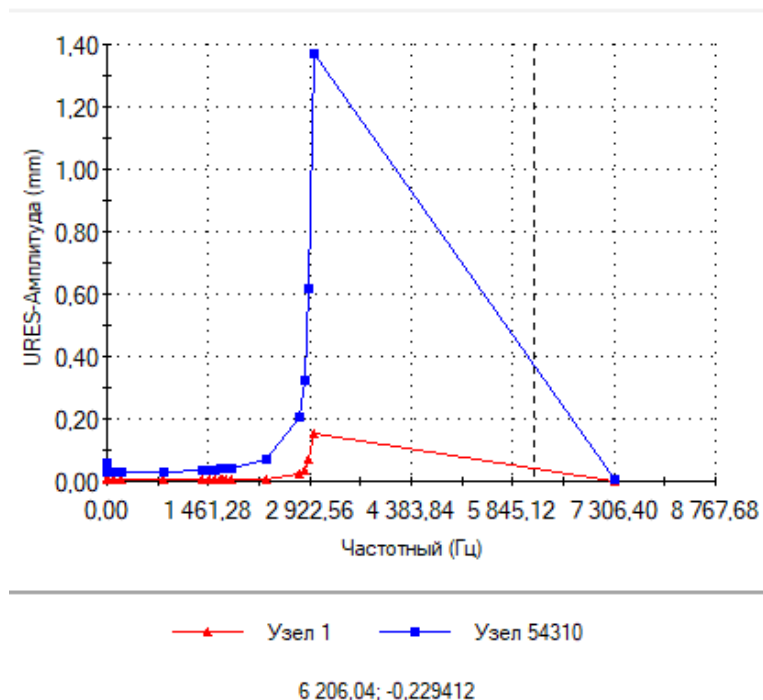


Рисунок 5.2.4 - Обрані вузли для визначення амплітуди деформацій Даної деталі

График отклика



Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР.ПМКМ-011.00.00.000 ПЗ

Рисунок 5.2.5 – Амплітуда переміщень в вузлах деталі 1 і 54310



Рисунок 5.2.6 Амплітуда еквівалентних напружень в вузлах деталі 1 і 54310

Висновок: Робочі частоти в проміжку 2760–5000 Гц слід ігнорувати, оскільки вони призводять до значних деформацій та втомного руйнування матеріалу.

Список використаних джерел

1. Панчук В.Г., Карпик Р.Т., Пітулей Л.Д., Лукань Т.В., Панчук А.Г. Магістерська робота: методичні вказівки.- Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2018.- 35 с.
2. Методичні вказівки до практичних занять з курсу «Механоскладальні дільниці та цехи у машинобудуванні» Частина 1 для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» ОП «Технології машинобудування» /Укл. В.В. Кононов, В.О. Логомінов, – Запоріжжя: ЗНТУ, 2019. – 64 с.
3. Холоша В.І. Технологічна оснастка: навч. посіб. / В.І. Холоша, В.В. Проців, О.О. Богданов ; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. Дніпропетровськ : НГУ, 2016. – 133 с.
4. NEO TECH Control System Електронний ресурс].
<https://neotechcnc.com/spmmachine/SPM-Facing-Centering-Machine-NTC-FC10100/>
5. Knuth Ukraine Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.knuth.ua/>
6. Bernardo ukraine Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://bernardo-ukraine.com/ua/p1664306997-360-750-tokarnyj.html>
7. Sandvik Coromant Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.sandvik.coromant.com/en-gb>
8. Карпик Р.Т., Войтенко П.І. Технологія обробки типових деталей і складання машин: курсове проектування. Методичні вказівки / Р. Т. Карпик, П. І. Войтенко, – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2014. – 77 с.
9. Юрчишин І.І. та ін. Технологія машинобудування. Посібник довідник для виконання кваліфікаційних робіт. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2009. 528с.
10. Дерібо О. В. Технологія машинобудування. Курсове проектування : навчальний посібник. / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, В. П. Пурдик. Вінниця : ВНТУ, 2013. 123 с.
- 11.Кремнєв Г. П. Основи технології виробництва машин : навчальний посібник / Г. П. Кремнєв, В. М. Колеснік, Ф. В. Новіков, В. О. Жовтобрюх. Дніпро : ЛІРА, 2022. 136 с. ISBN 978-966-981-630-6

					МР.ПМКМ-011.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		87

Висновки

В рамках магістерської роботи обґрунтовано та розроблено раціональний технологічний процес для виготовлення деталі «Гвинт натискний ПК 012007.817.1» в умовах середньосерійного виробництва.

Виконано комплексний аналіз конструкції виробу, в результаті якого визначені технологічні бази, необхідні допуски та параметри шорсткості поверхонь, що гарантує відповідність вимогам точності складання.

Обґрунтовано вибір вихідної заготовки (прокат). Здійснено проектування технології механічної обробки: встановлено послідовність технологічних переходів, розраховано припуски на обробку, режими різання та міжопераційні розміри.

Розроблено спеціальний верстатний пристрій для операції 050; виконано розрахунок його ключових параметрів та підтверджено його конструктивну ефективність.

Для реалізації процесу обрано сучасне високопродуктивне обладнання (включаючи NEO TECH NTC-FC10100, Bernardo Master 360 Pro, Bernardo СК 360 x750, Knuth X.mill 400) та інструментарій від провідних світових виробників, що забезпечує високу стабільність якості обробки.

Створено та налагоджено керуючі програми для верстатів із ЧПК (для операцій 030, 040, 050), які автоматизують процес виготовлення деталі.

Шляхом параметричного дослідження та топологічної оптимізації конструкції визначені оптимальні показники жорсткості та динамічних (коливальних) характеристик.

Підсумкові результати свідчать про можливість оптимізації виробництва шляхом зниження трудомісткості та підвищення загальної економічності виготовлення даної деталі.

					МР.ПМКМ-011.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		88

Додатки

					MP.ПМКМ-011.00.00.000 ПЗ	Арк.
						89
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Дубл.			
Взамін.			
Підпис			

Зм	Ар	№ док.	Підпис	Дата

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

				<i>І Ф Н Т У Н Г</i>		<i>ПМКм-24-1</i>				
<i>Гвинт натискний ПК 012007.817.1</i>									<i>Н</i>	

«Затверджую»

Зав.кафедрою *Панчук В.Г.*

**КОМПЛЕКТ
технологічної
документації**

*Технологічний процес
механічної обробки
Гвинт натискний ПК
012007.817.1*

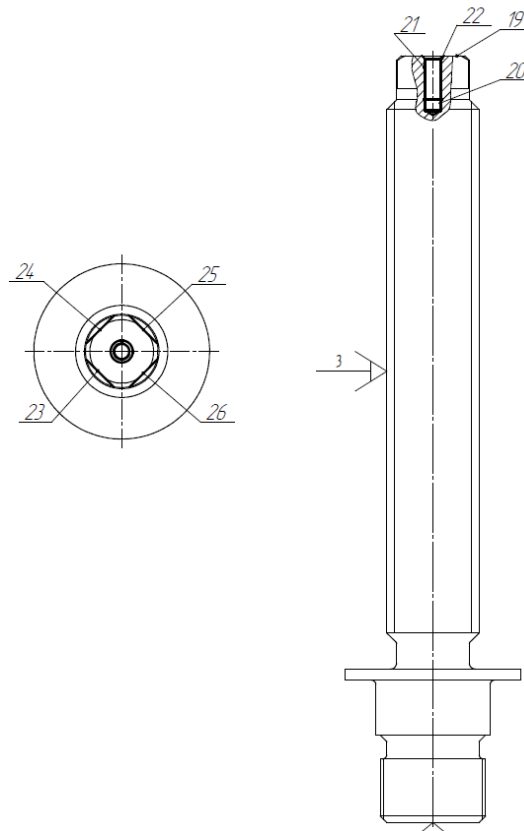
*Розробив ст.гр.ПМКм-24-1
Кабан А.В.
Перевірив: проф., д.т.н. каф. КМВ.
Онисько О.Р.*

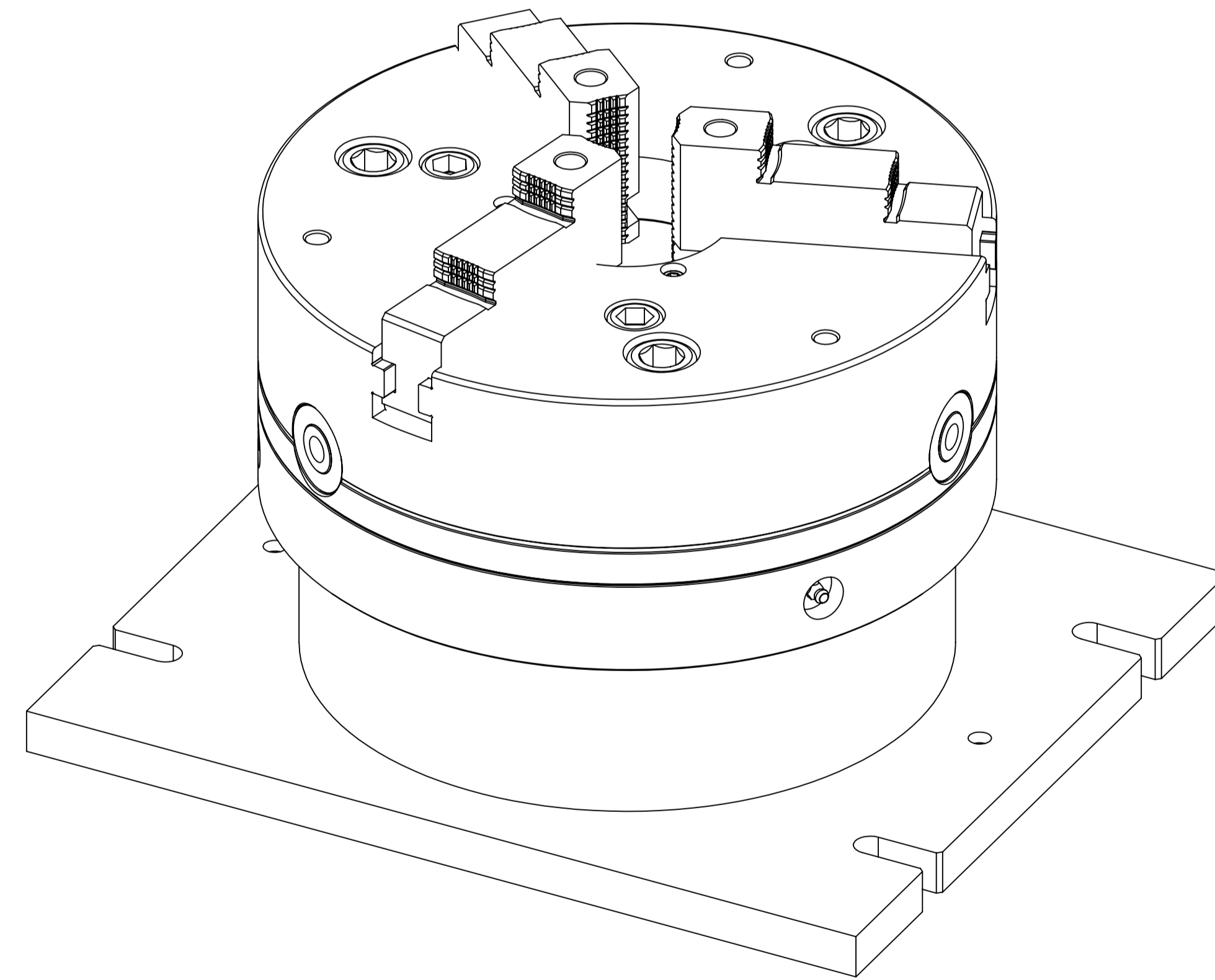
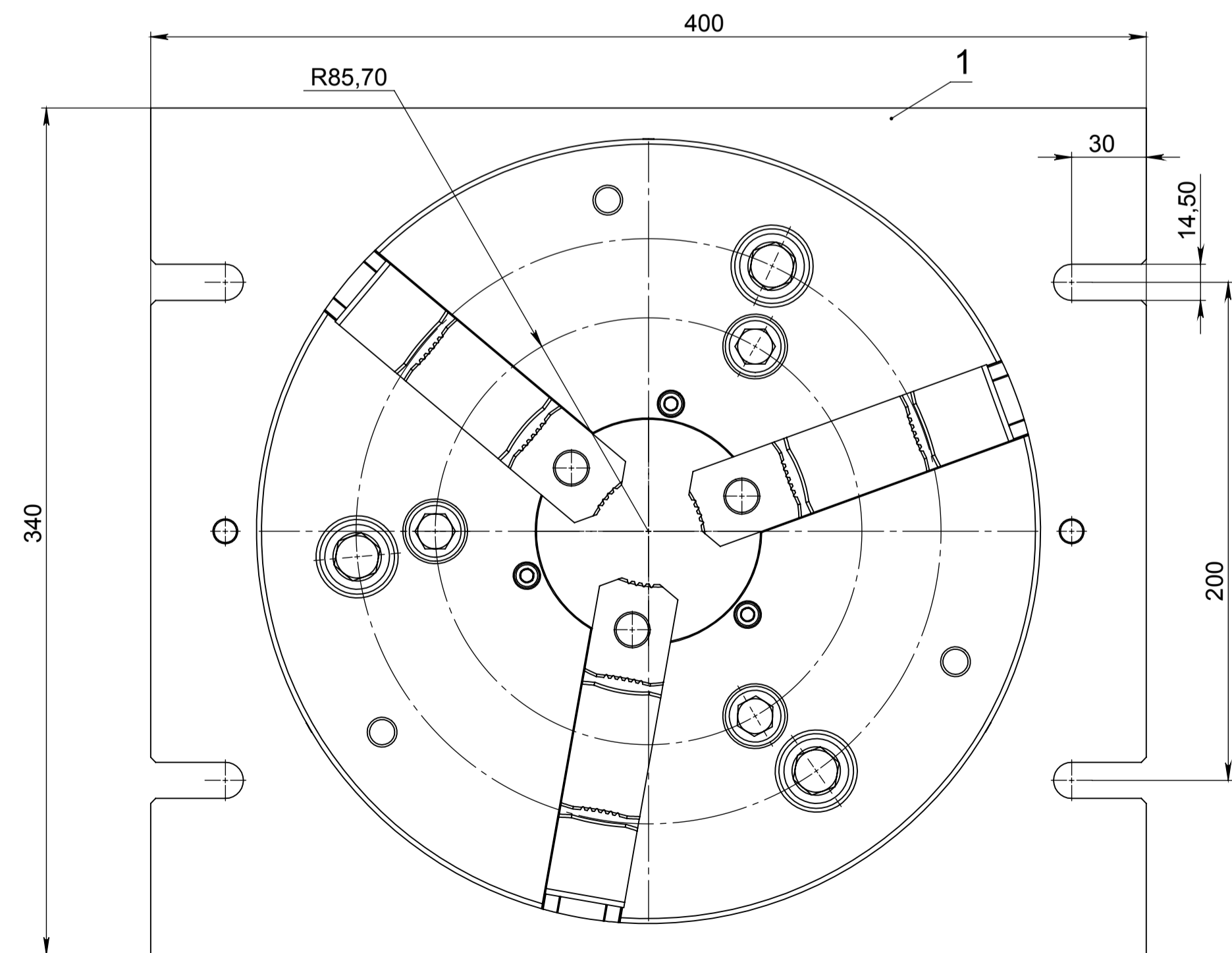
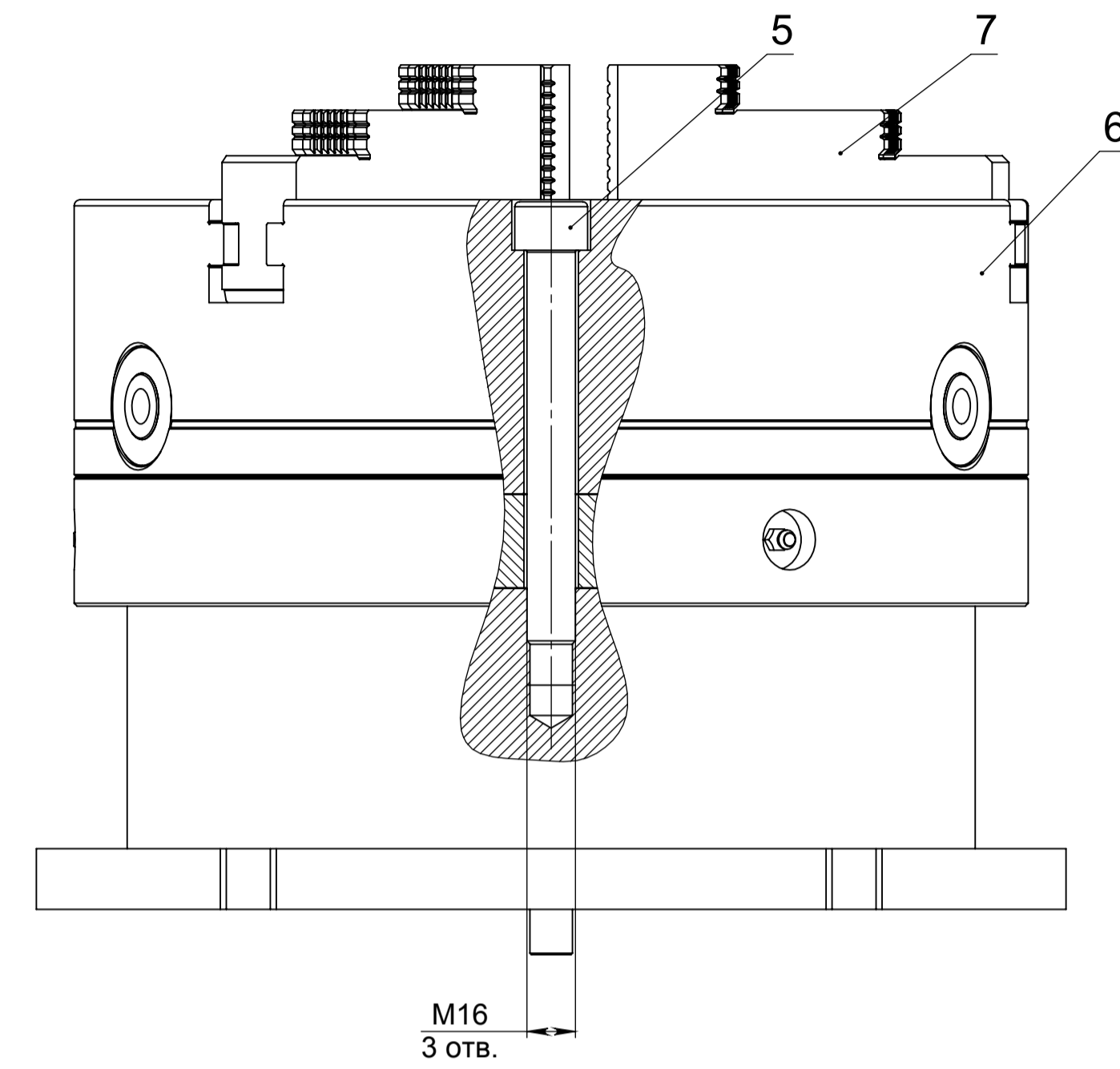
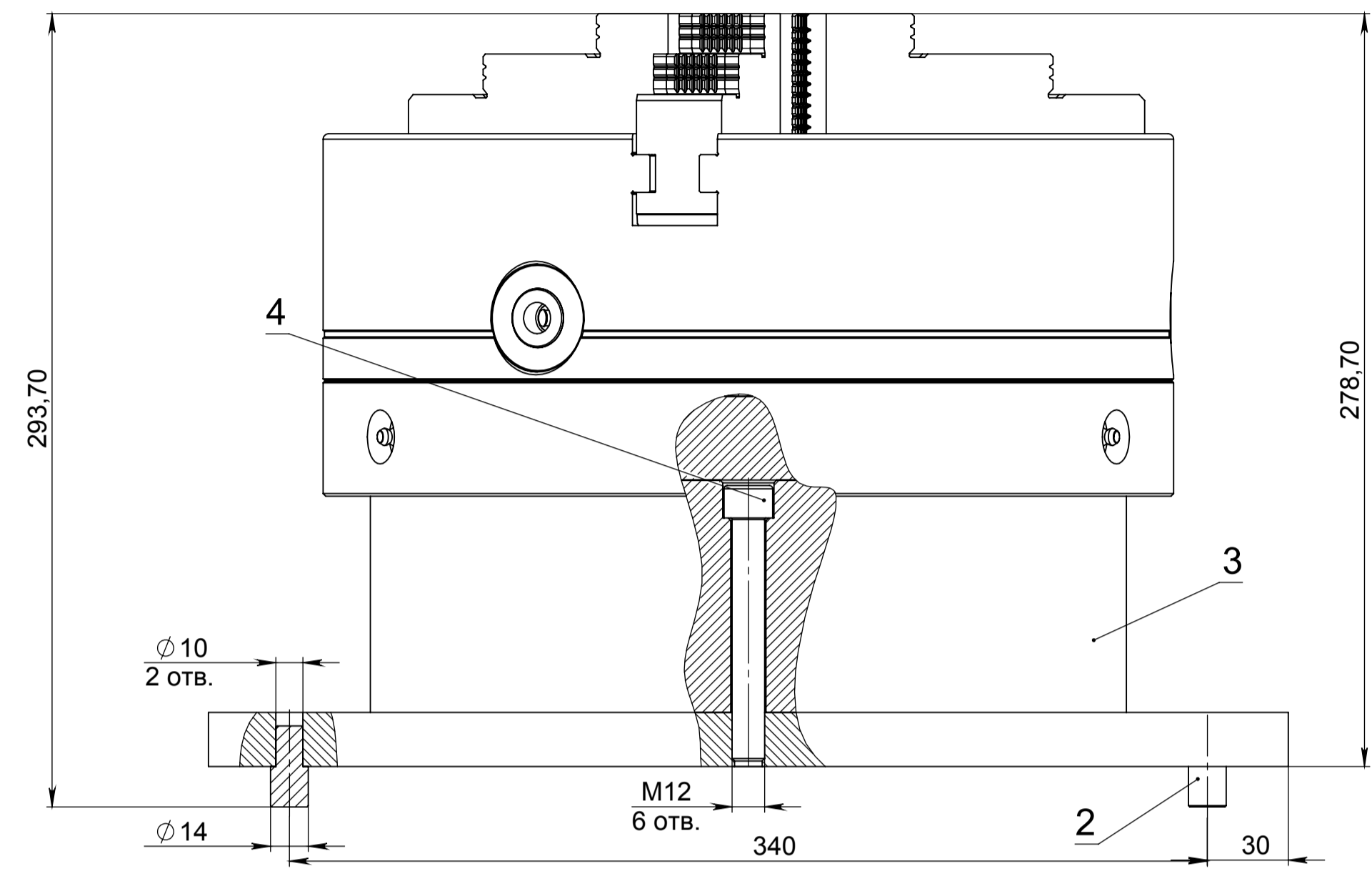
--	--

Дубл.													
Взамін.													
Підпис													
								Зм	Ар	№ док.	Підпис	Дата	

1

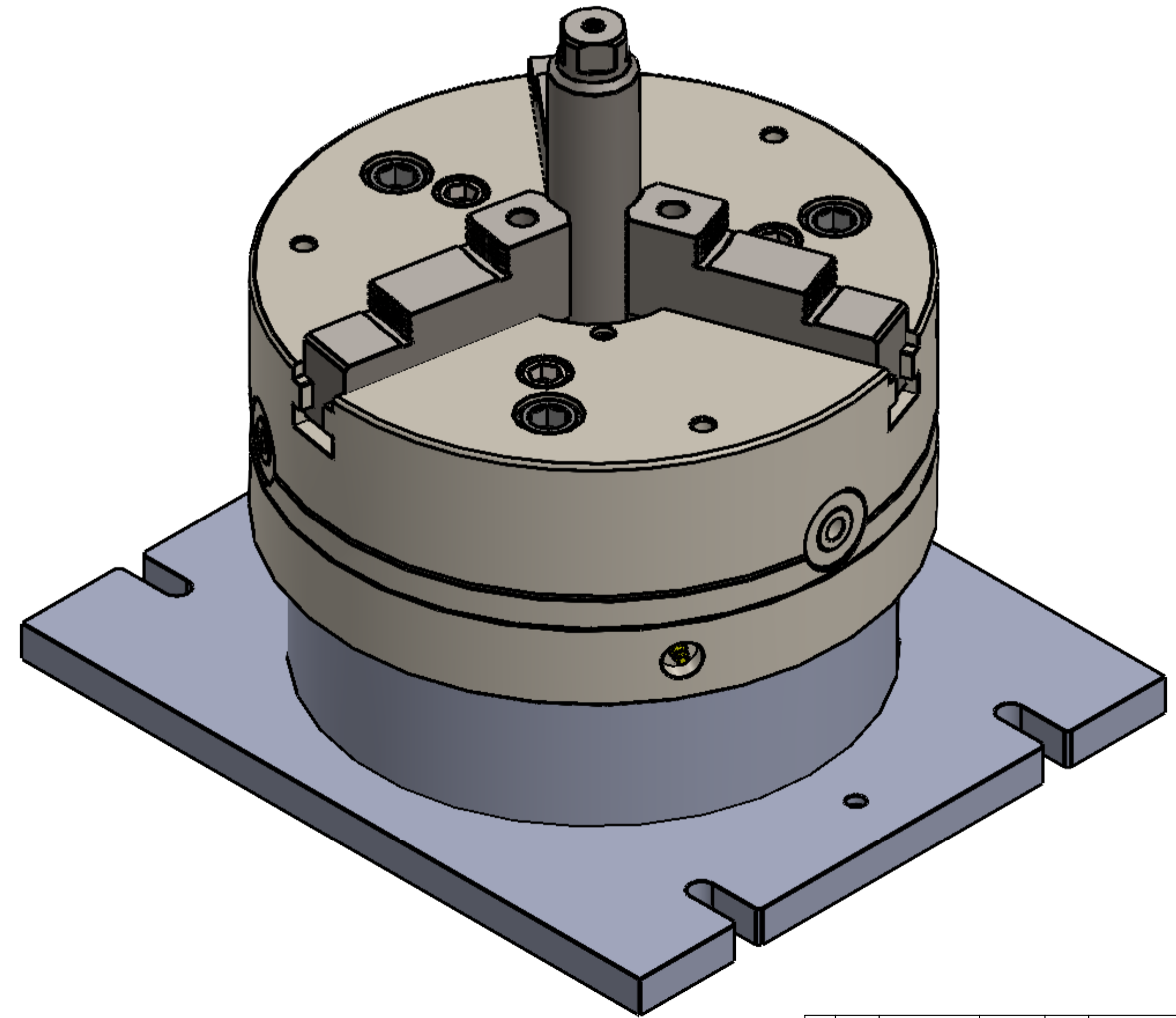
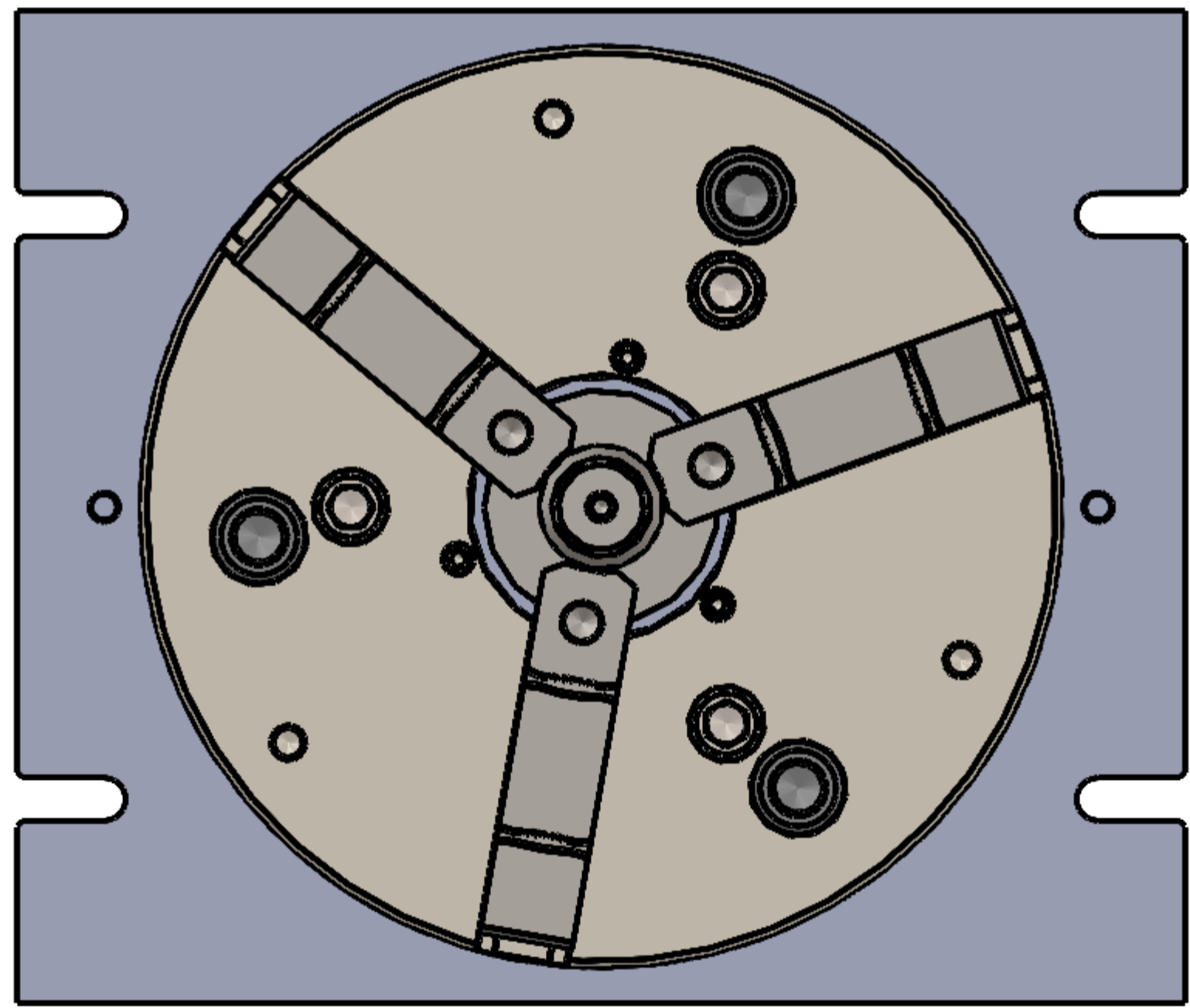
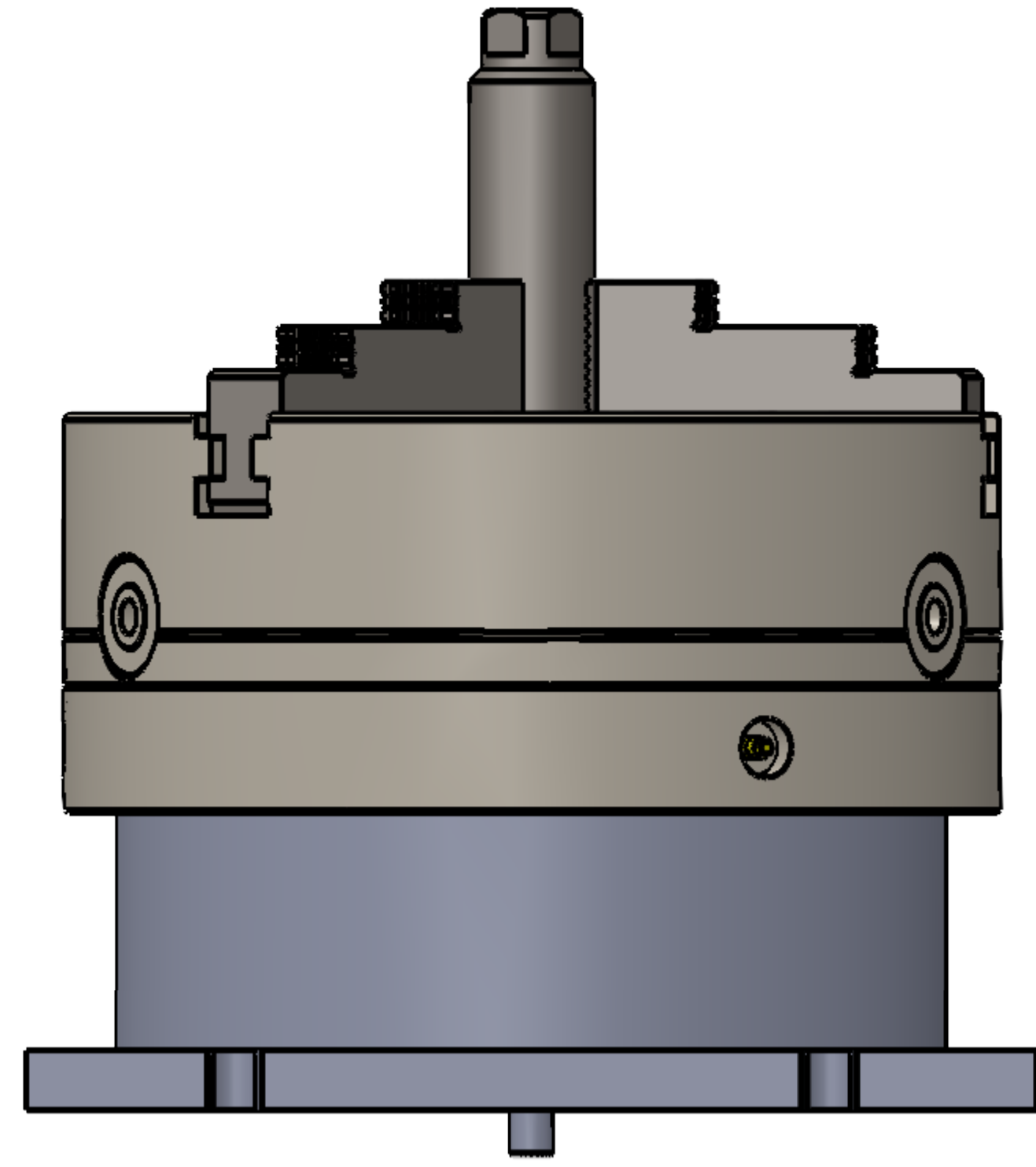
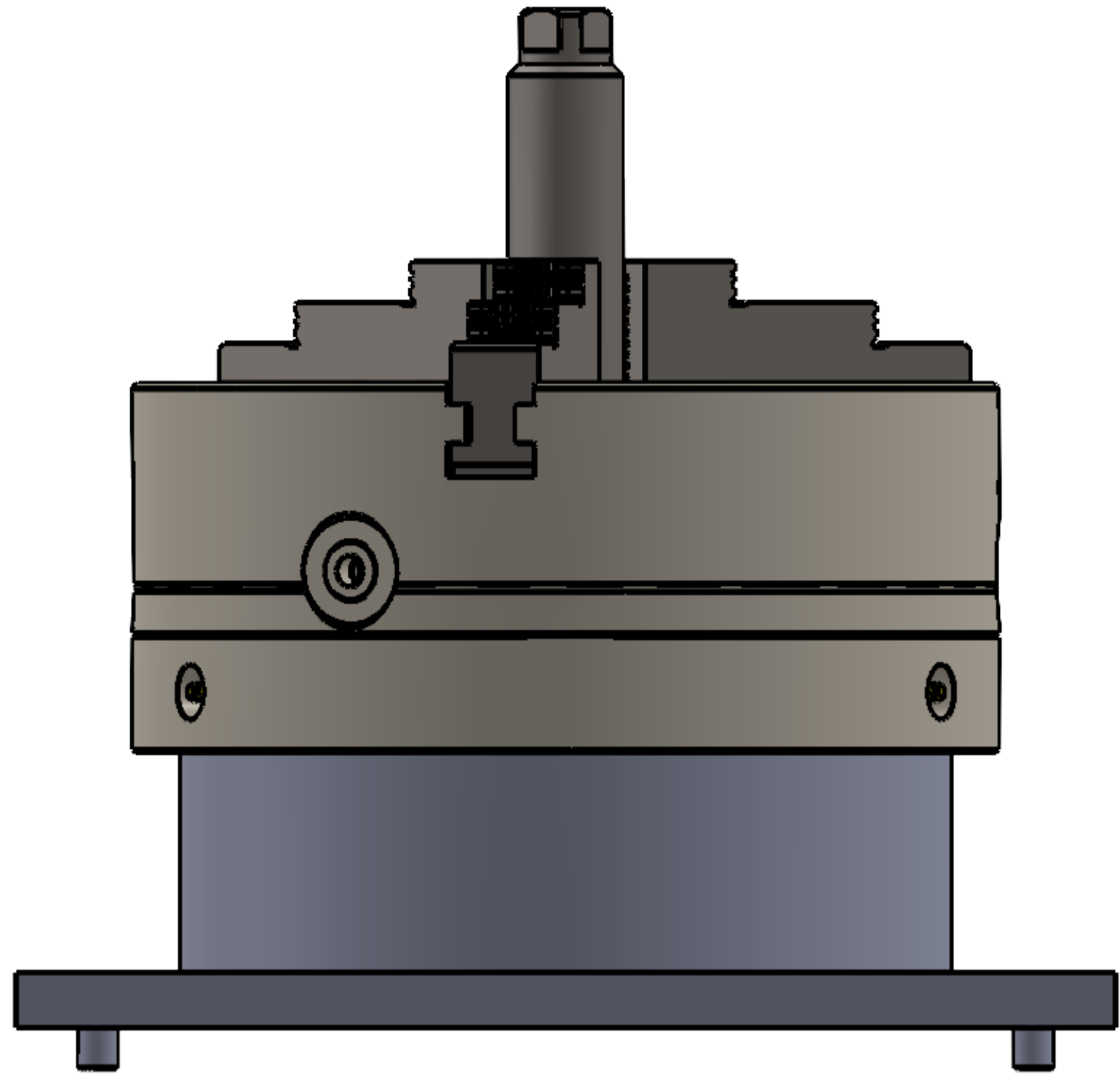
Розробив	Кабан А.В.		14.12.25	І Ф Н Т У Н Г	МР.ПМКм-011.00.00.000	7605.10011. 12007
Перевірів	Онисько О.Р.					
Н. Контр.	Онисько О.Р.					
Реценз.				ПМКм-24-1		
Затв.	Панчук В.Г.			Гвинт натискний ПК 012007.817.1		
						050





1*. Розміри для довідок.

					MP.ПМКМ-011.02.00.000 СК			
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Пистрий Фрезерний	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Кабан А.В.						1:2
Пров.		Онисько О.Р.						
Т. контр.		Онисько О.Р.						
Н. контр.		Онисько О.Р.						
Утв.		Панчук В.Г.						
					Лист 1	Листов 1		
					ІФНТУНГ ПМКМ-24-1			
					1 Копировал			



				MP.ПМКМ-011.03.00.000				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ЗД модель пристрою фрезерного	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Кабан А.В.						1:2
Пров.		Онисько О.Р.						
Т. контр.		Онисько О.Р.						
Рецензент		Онисько О.Р.						
Н. контр.		Онисько О.Р.						
Утв.		Панчук В.Г.						

Перв. примен.

Справа №

Подп. и дата

Изм. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Изм. № подл.

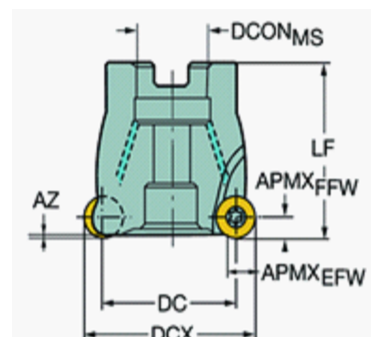


Table with 2 columns: Parameter and Value. Includes: Диаметр резания, Максимальный диаметр резания, Эмпирическая величина элемента, Код типа заточки, Частота 2 идентификаторы интерфейса элемента резания, Максимальная глубина резания, Максимальный кут наклона, Максимальная глубина закрутки, Периферийная эффективная величина режущих кромок, Подключение, Рука, Тип выводу охладжувальної рідини, Диаметр ухвалення з боку машини, Стандартный номер, Стандартный лист, Функциональная длина, Радиальный кут наклона, Основной кут наклона, Крутящий момент, Материал корпуса, Максимальная скорость обработки, Вага товару, Залужна довжина.

Фреза торцева «MR80-AR102R38-12M»

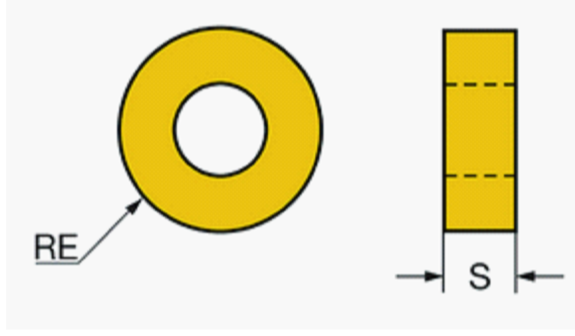


Table with 2 columns: Parameter and Value. Includes: Матеріал(и) заготовки, Стружколом, Тип операції, Вставити код способу кріплення, Диаметр кріпильного отвору, Розмір і форма вставки, Кількість передових лез, Диаметр вписаного кола, Вставити код форми, Максимальная глубина резания, Радиус кута, Рука, Оцінка, Субстрат, Покриття, Товщина вставки, Вага товару.

Пластина фрези «MR80-1206E-L50 1230»

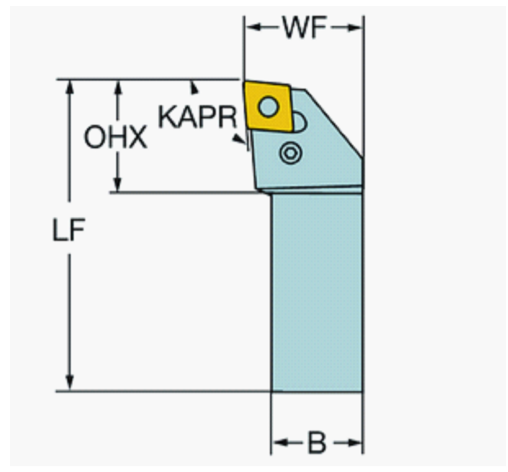


Table with 2 columns: Parameter and Value. Includes: Кут ріжучої крошки інструменту, Кут випередження, Код типу заточки, Тип вставки, Підключення, Максимальний кут нахилу, Кут корпусу заготовки збоку, Кут нахилу корпусу машини, Максимальний виступ, Рука, Тип виходу охолоджувальної рідини, Тип виходу охолоджувальної рідини, Ширина хвостовика, Висота хвостовика, Функциональная длина, Функциональная ширина, Функциональная высота, Ортогональный кут наклона, Кут нахилу, Крутящий момент, Материал корпуса, Вага товару, Идентификатор основной вставки, Залужна довжина.

Державка різця «PCLNR 2525M 19»

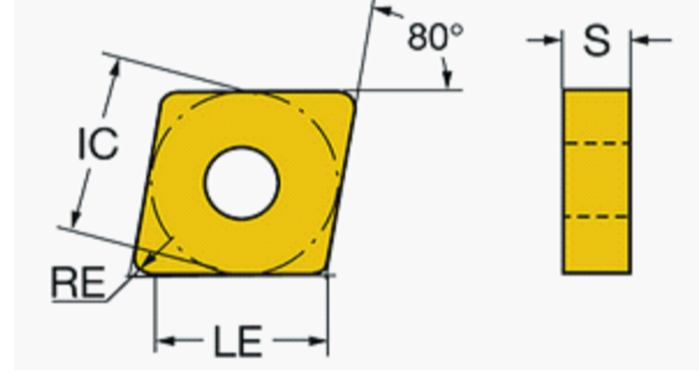


Table with 2 columns: Parameter and Value. Includes: Матеріал(и) заготовки, Стружколом, Тип операції, Вставити код способу кріплення, Диаметр кріпильного отвору, Розмір і форма вставки, Кількість передових лез, Диаметр вписаного кола, Вставити код форми, Эффективная довжина режущей кромки, Радиус кута, Рука, Оцінка, Субстрат, Покриття, Товщина вставки, Великий кут заднього ходу, Вага товару.

Ріжуча пластинка «CNMG 19 06 08-PR 4335»

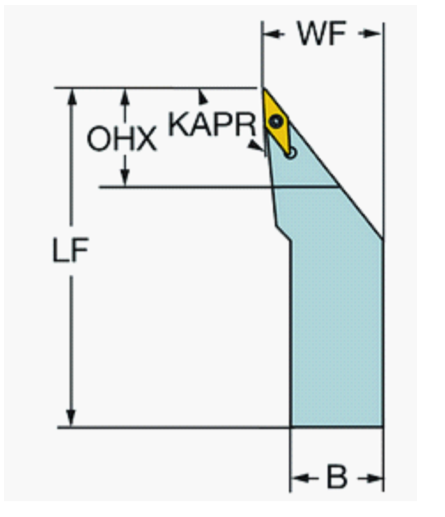


Table with 2 columns: Parameter and Value. Includes: Кут ріжучої крошки інструменту, Кут випередження, Код типу заточки, Тип вставки, Підключення, Максимальний кут нахилу, Кут корпусу заготовки збоку, Кут нахилу корпусу машини, Максимальний виступ, Рука, Тип виходу охолоджувальної рідини, Тип виходу охолоджувальної рідини, Ширина хвостовика, Висота хвостовика, Функциональная длина, Функциональная ширина, Функциональная высота, Ортогональный кут наклона, Кут нахилу, Крутящий момент, Материал корпуса, Вага товару, Идентификатор основной вставки, Залужна довжина.

Державка різця «SVJBR 2525M 16»

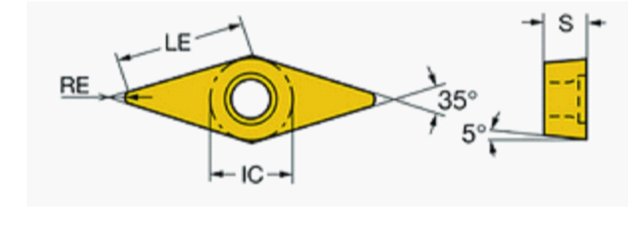


Table with 2 columns: Parameter and Value. Includes: Матеріал(и) заготовки, Стружколом, Тип операції, Вставити код способу кріплення, Диаметр кріпильного отвору, Розмір і форма вставки, Кількість передових лез, Диаметр вписаного кола, Вставити код форми, Эффективная довжина режущей кромки, Радиус кута, Ширина заборної поверхні, Кут нахилу поверхні, Рука, Оцінка, Субстрат, Покриття, Товщина вставки, Великий кут заднього ходу, Вага товару.

Ріжуча пластинка «VBMT 16 04 08-PR 4425»

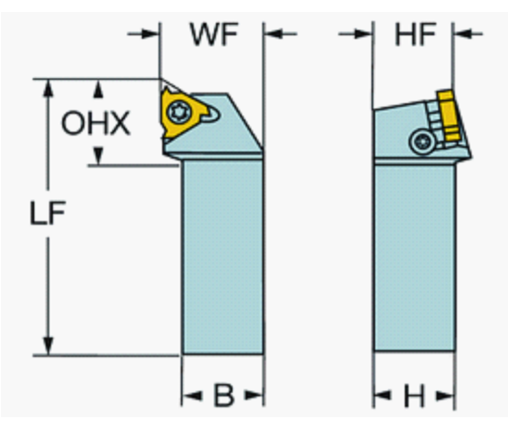


Table with 2 columns: Parameter and Value. Includes: Код типу заточки, Тип вставки, Основий кут заднього ходу, Кут корекції нахилу спіралі різьби, Підключення, Кут нахилу корпусу машини, Максимальний виступ, Рука, Тип виходу охолоджувальної рідини, Ширина хвостовика, Висота хвостовика, Функциональная длина, Функциональная ширина, Функциональная высота, Крутящий момент, Вага товару.

Державка різця «266RFG-2525-22»

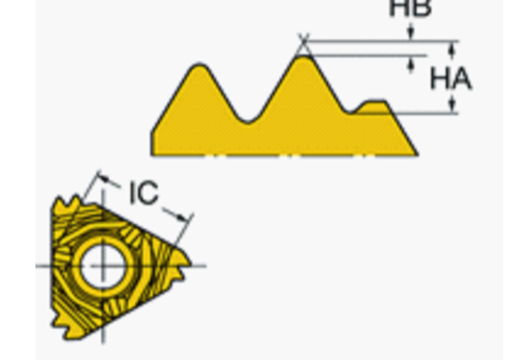


Table with 2 columns: Parameter and Value. Includes: Матеріал(и) заготовки, Стружколом, Форма різьби, Стандартный номер, Тип потоку, Крок різьби, Тип профілю різьби, Кількість зубів, Клас допуску різьби, Теоретична висота різьби, Різниця висот різьби, Відстань профілю ех, Відстань профілю еу, Вставити код способу кріплення, Диаметр кріпильного отвору, Розмір і форма вставки, Кількість передових лез, Диаметр вписаного кола, Рука, Оцінка, Субстрат, Покриття, Товщина вставки, Вага товару.

Ріжуча пластинка «266RG-22MM02A300E 1020»

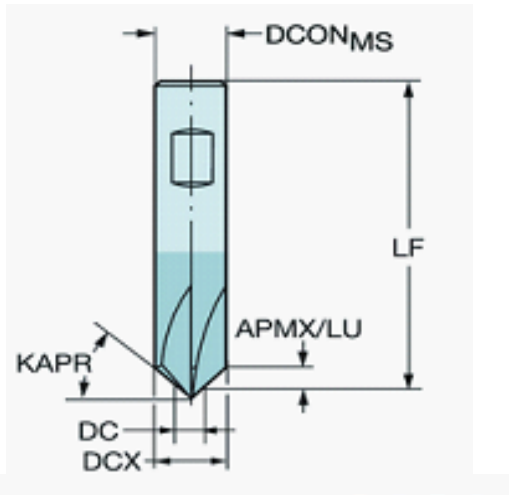


Table with 2 columns: Parameter and Value. Includes: Матеріал(и) заготовки, Кут ріжучої крошки інструменту, Диаметр резания, Максимальный диаметр резания, Максимальная глубина резания, Периферийная эффективная величина режущих кромок, Подключение, Допуск диаметра ухвалення, Оцінка, Субстрат, Покриття, Стружколом, Тип виходу охолоджувальної рідини, Диаметр ухвалення з боку машини, Функциональная длина, Диаметр корпусу, Довжина тіла, Максимальная скорость обработки, Вага товару, Залужна довжина.

Зенківка «1C050-0150-060-XB 1620»

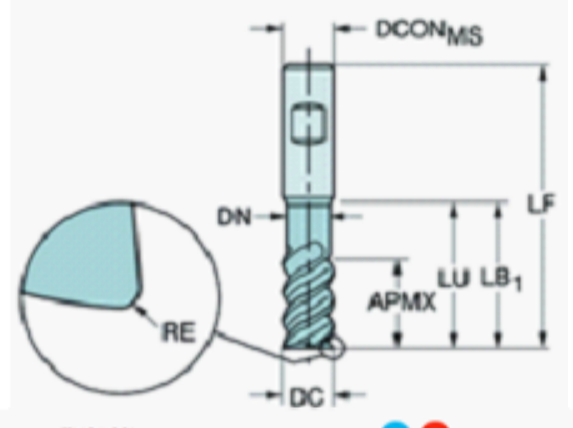


Table with 2 columns: Parameter and Value. Includes: Матеріал(и) заготовки, Периферийная эффективная величина режущих кромок, Диаметр резания, Диаметр ухвалення з боку машини, Допуск диаметра ухвалення, Коронка довжина, Функциональная длина, Максимальная скорость обработки, Підключення, Кутлова фаска, Ширина фаски кута, Максимальный кут нахилу, Максимальная глубина резания, Кут нахилу спіралі канавки, Оцінка, Субстрат, Покриття, Тип виходу охолоджувальної рідини, Диаметр тіла, Диаметр тіла, Диаметр горловини, Довжина тіла, Довжина тіла, Кут половини канавки корпусу, Клас допуску диаметра резания, Диаметр резания контактной поверхности, Вага товару.

Фреза кінцева «2N342-1400-PD P2BM»

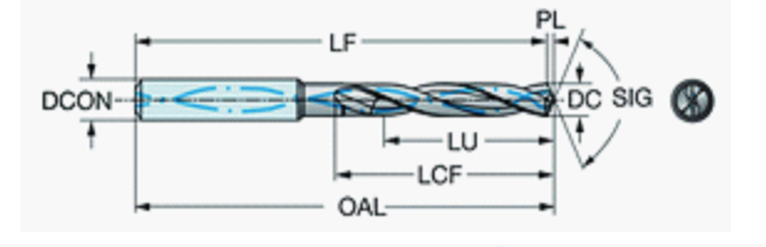


Table with 2 columns: Parameter and Value. Includes: Матеріал(и) заготовки, Диаметр резания, Диаметр ухвалення з боку машини, Коронка довжина, Дослідний допуск отвору, Коэффициент коронки довжини та диаметра, Ортогональний кут нахилу, Эффективная величина режущих кромок на поверхні, Підключення, Допуск диаметра ухвалення, Оцінка, Субстрат, Покриття, Стандартна група хвостовика, Стружколом, Тип виходу охолоджувальної рідини, Кут вершини, Довжина точки, Залужна довжина, Функциональная длина, Довжина стружкарної канавки, Максимальная скорость обработки, Вага товару.

Свердло «860.1-0680-040A1-PM P1BM»

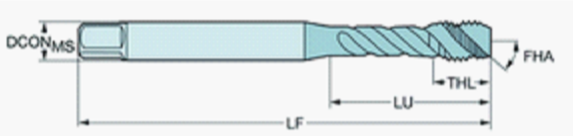


Table with 2 columns: Parameter and Value. Includes: Матеріал(и) заготовки, Розмір різьби, Форма різьби, Довжина фаски мітчика, Крок різьби, Диаметр різьби, Диаметр попереднього отвору, Тип попередньо обробленого отвору, Тип отвору, Клас допуску різьби, Стандартна група хвостовика, Коронка довжина, Підключення, Стружколом, Оцінка, Субстрат, Покриття, Тип виходу охолоджувальної рідини, Диаметр ухвалення з боку машини, Допуск диаметра ухвалення, Функциональная длина, Диаметр горловини, Кількість фаски, Кут нахилу спіралі канавки, Радиальный кут нахилу, Довжина різьблення, Тип фаски різьби, Вага товару, Залужна довжина.

Мітчик «T300-XM104DA-M8 C110»

Form containing: MP.ПМКМ-011.04.00.000, Вибір інструменту, Lit., Масса, Масштаб, Лист 1, Листов 1, ІФНТУНГ ПМКМ-24-1, Копировал, Формат А1.

В

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Взам. инв. №

Инд. № подл.

4

3

2

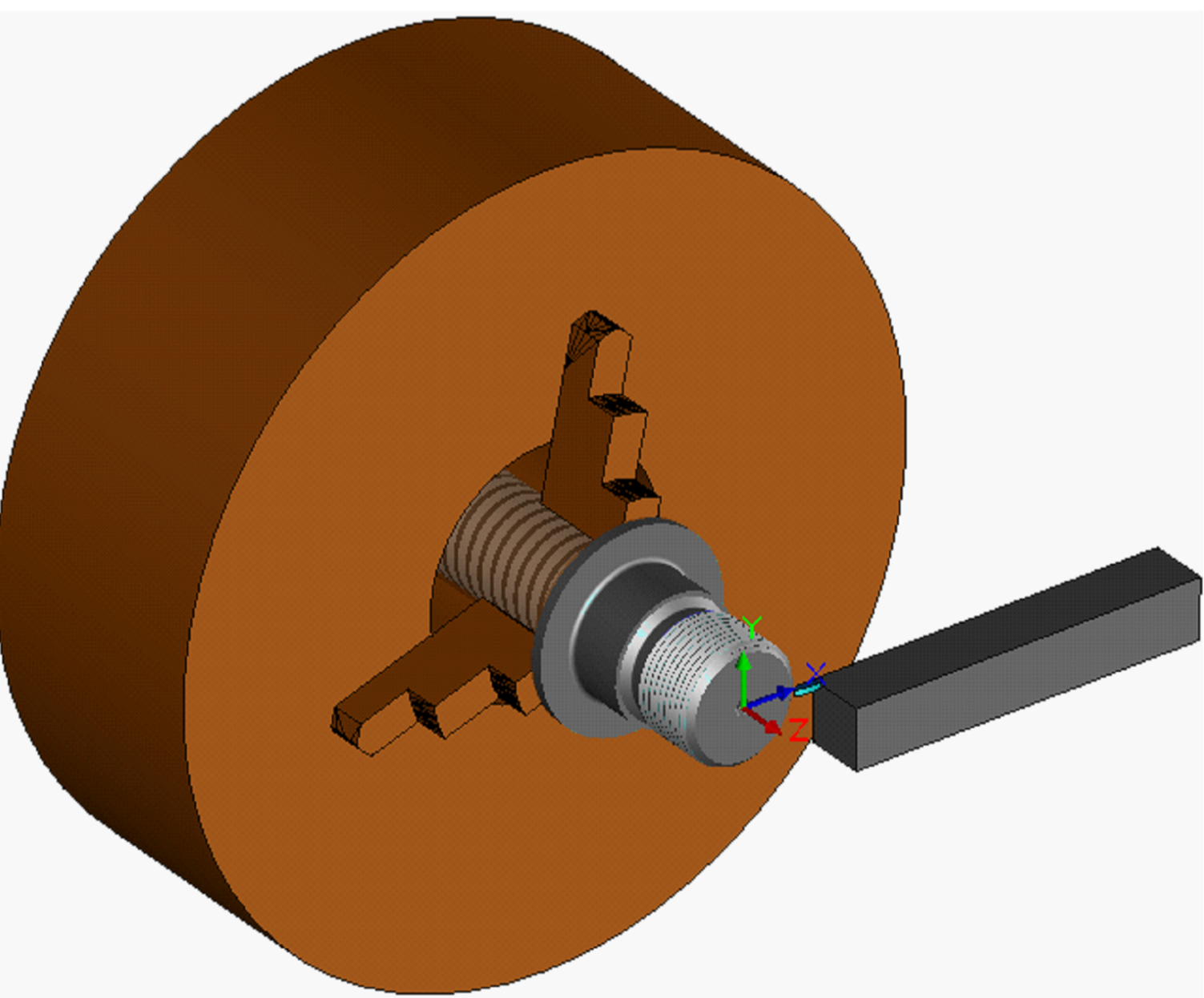
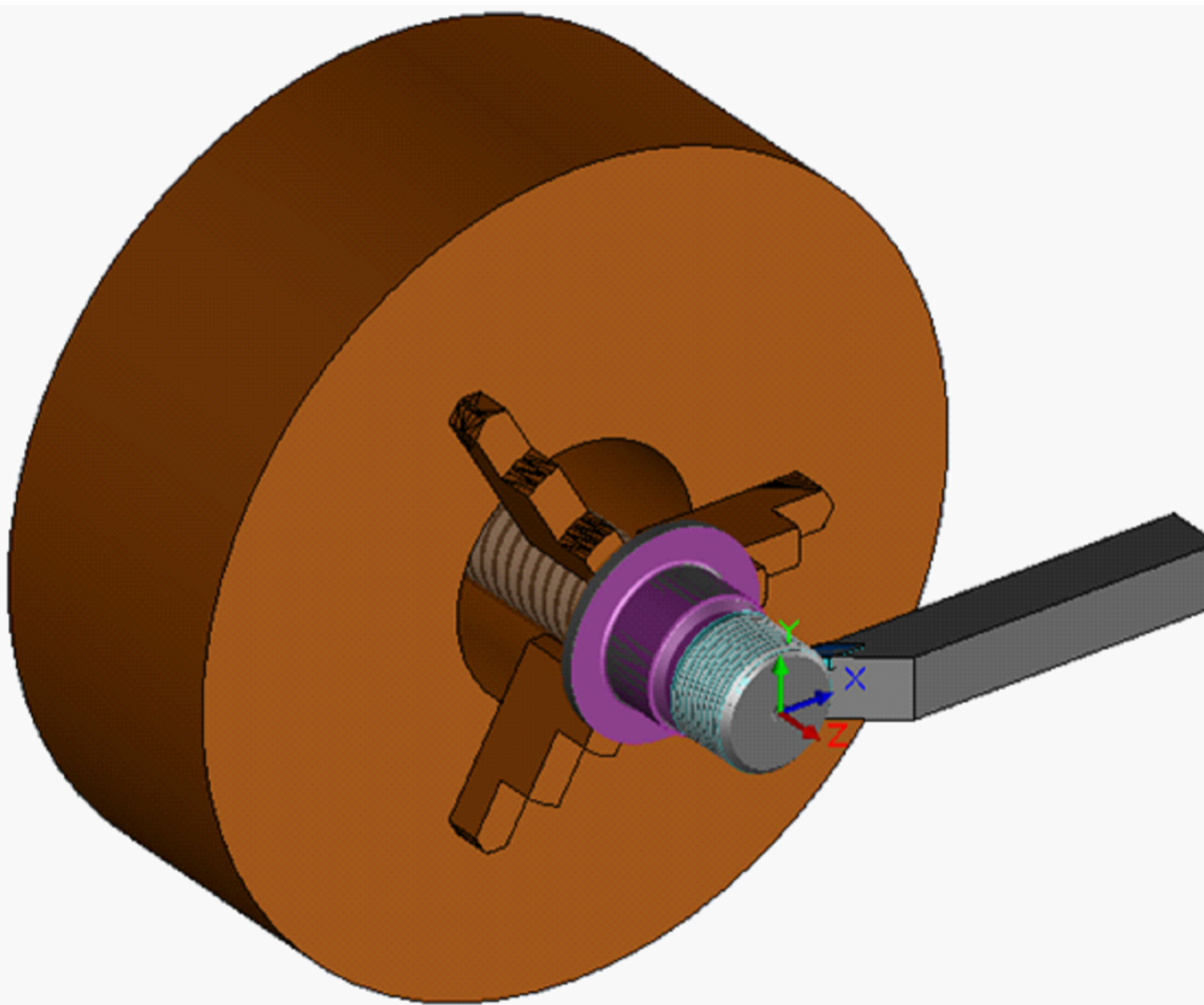
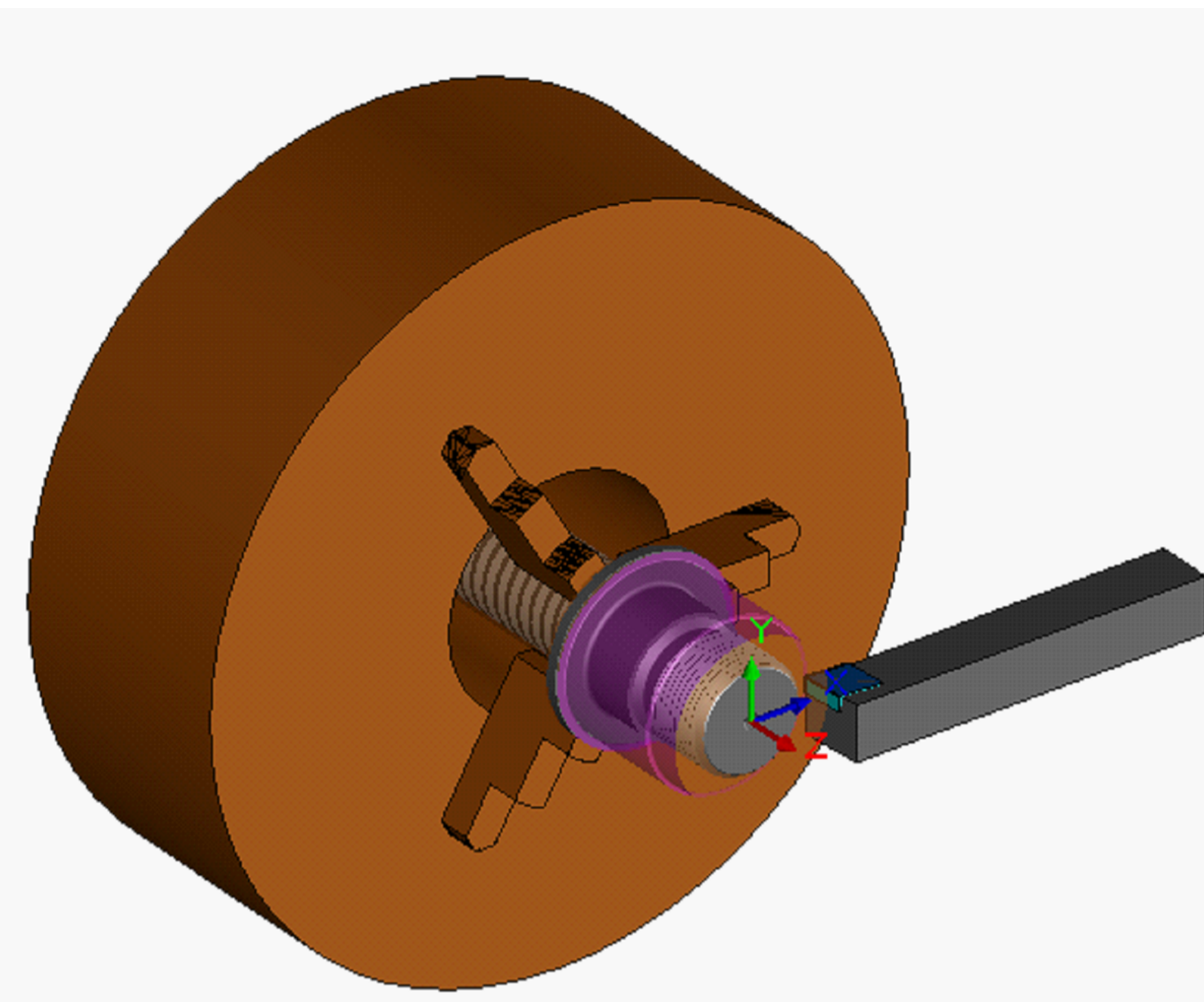
1

В

А

4

Імітація обробки на операцію 030



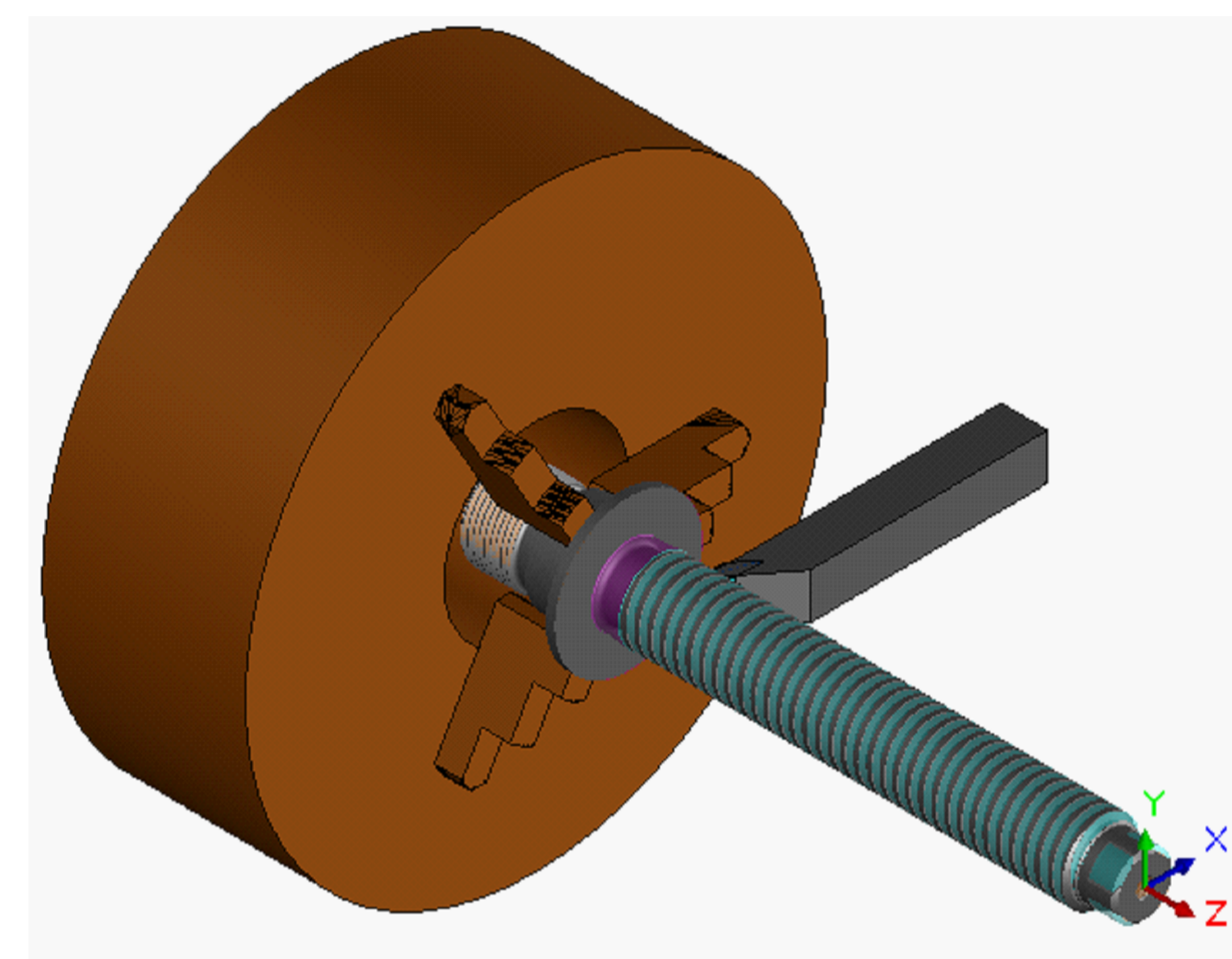
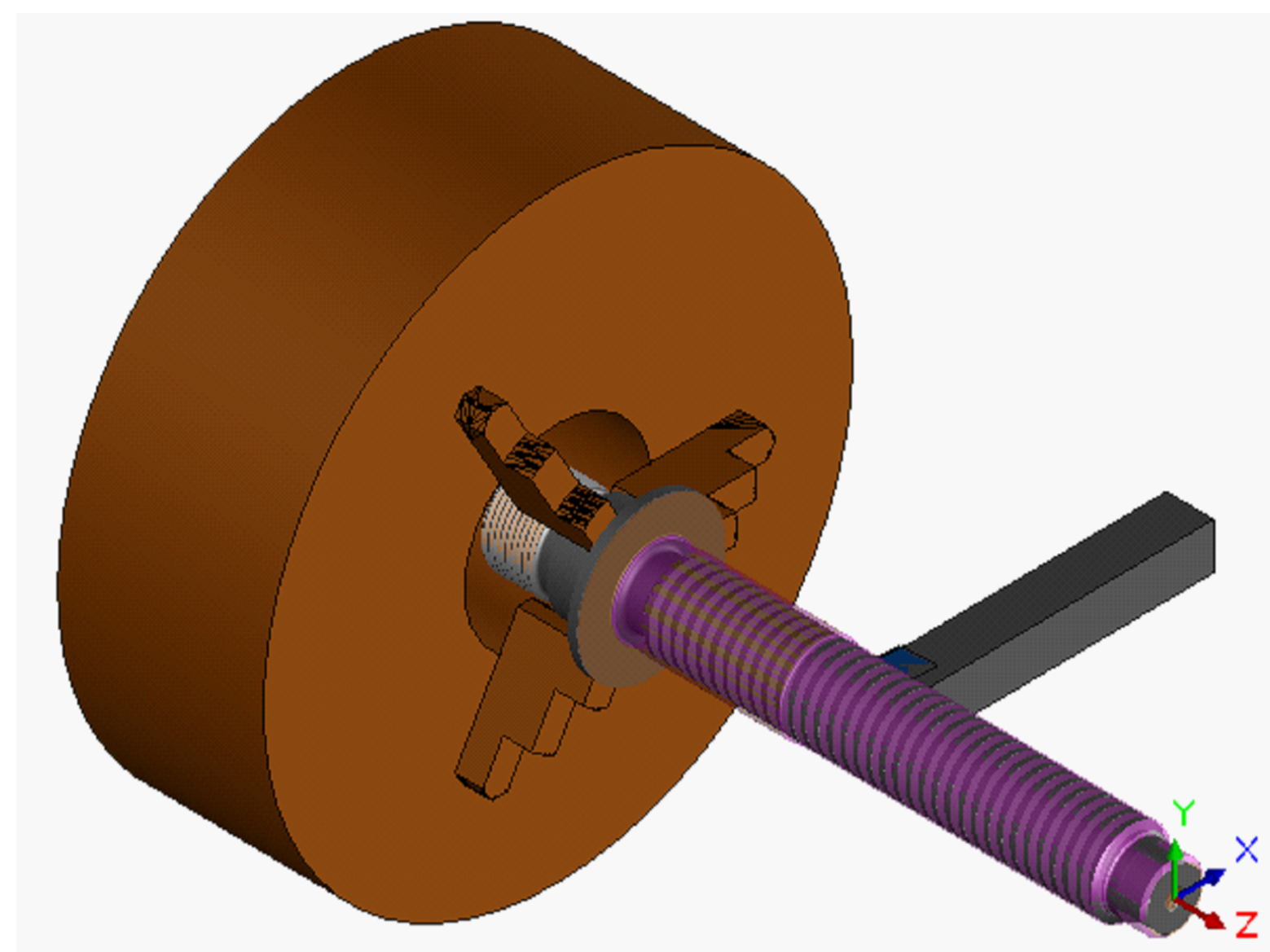
Код програми на операцію 030

```

%
;10-12-2025; 030
N10 G1 G96 S596 M3 T2 F0.264; '5@=>2001
N20 G0 Z3.354 M8; PCLNR 2525M 19
N30 X87.707
N40 G95 G1 X81. Z0 F0.264
N50 G95 Z-63.5 F0.264
N60 G95 X85. F0.264
N70 G95 X85.707 Z-63.146 F0.264
N80 G0 X91.707
N90 Z0.354
N100 X77.741
N110 G95 G1 X77.034 Z0 F0.264
N120 G95 Z-63.5 F0.264
N130 G95 X81. F0.264
N140 G95 X81.707 Z-63.146 F0.264
N150 G0 X87.707
N160 Z0.354
N170 X73.775
N180 G95 G1 X73.068 Z0 F0.264
N190 G95 Z-63.5 F0.264
N200 G95 X77.034 F0.264
N210 G95 X77.741 Z-63.146 F0.264
N220 G0 X83.741
N230 Z0.354
N240 X69.809
N250 G95 G1 X69.102 Z0 F0.264
N260 G95 Z-63.5 F0.264
N270 G95 X73.068 F0.264
N280 G95 X73.775 Z-63.146 F0.264
N290 G0 X79.775
N300 Z0.354
N310 X65.843
N320 G95 G1 X65.136 Z0 F0.264
N330 G95 Z-63.5 F0.264
N340 G95 X69.102 F0.264
N350 G95 X69.809 Z-63.146 F0.264
N360 G0 X75.809
N370 Z0.354
N380 X61.877
N390 G95 G1 X61.17 Z0 F0.264
N400 G95 Z-63.5 F0.264
N410 G95 X65.136 F0.264
N420 G95 X65.843 Z-63.146 F0.264
N430 G0 X71.843
N440 Z0.354
N450 X57.911
N460 G95 G1 X57.204 Z0 F0.264
N470 G95 Z-63.5 F0.264
N480 G95 X61.17 F0.264
N490 G95 X61.877 Z-63.146 F0.264
N500 G0 X67.877
N510 Z0.354
N520 X53.945
N530 G95 G1 X53.238 Z0 F0.264
N540 G95 Z-38.5 F0.264
N550 G95 X55. F0.264
N560 G95 Z-63.5 F0.264
N570 G95 X57.204 F0.264
N580 G95 X57.911 Z-63.146 F0.264
N590 G0 X63.911
N600 Z0.354
N610 X49.979
N620 G95 G1 X49.271 Z0 F0.264
N630 G95 Z-1.983 F0.264
N640 G95 X51. Z-2.847 F0.264
N650 G95 Z-38.5 F0.264
N660 G95 X53.238 F0.264
N670 G95 X53.945 Z-38.146 F0.264
N680 G95 X54.845 F0.264
N690 G0 X59.945
N700 Z0.5
N710 X47.501
N720 G95 G1 X45.305 F0.264
N730 G95 Z0 F0.264
N740 G95 X49.271 Z-1.983 F0.264
N750 G95 X50.271 F0.264
N760 G0 Z0.831
N770 X41.814
N780 G95 G1 Z0.331 F0.264
N790 G95 X49. Z-3.262 F0.264
N800 G95 Z-39.5 F0.264
N810 G95 X53. F0.264
N820 G95 Z-63.8 F0.264
N830 G95 G2 X54.4 Z-64.5 CR=.7 F0.264
N840 G95 G1 X78.4 F0.264
N850 G95 X79.107 Z-64.146 F0.264
N860 G0 X89.4
N870 X508. Z127.
N880 M9
N890 M5
N900 M1
N910 G0 G96 S548 M3 T3; '8AB>2001
N920 Z3.266 M8; SVJBR 2525M 16
N930 X47.531
N940 G95 G1 X41.531 Z0.266 F0.409
N950 G95 Z-0.234 F0.409
N960 G95 X47.531 Z-3.234 F0.409
N970 G95 G3 X48. Z-3.8 CR=.8 F0.409
N980 G95 G1 Z-29.8 F0.409
N990 G95 G3 X47.385 Z-30.43 CR=.8 F0.409
N1000 G95 G1 X42. Z-32.534 F0.409
N1010 G95 Z-37.386 F0.409
N1020 G95 G2 X42.117 Z-37.527 CR=.2 F0.409
N1030 G95 G1 X47.063 Z-40. F0.409
N1040 G95 X50.4 F0.409
N1050 G95 G3 X52. Z-40.8 CR=.8 F0.409
N1060 G95 G1 Z-63.8 F0.409
N1070 G95 G2 X54.4 Z-65. CR=1.2 F0.409
N1080 G95 G1 X78.4 F0.409
N1090 G95 X79.107 Z-64.646 F0.409
N1100 G0 X85.107
N1110 X508. Z127.
N1120 M9
N1130 M5
N1140 M1
N1150 G0 G96 S90 M3 T1; 57L101
N1160 Z0.65 M8; 266RFG-2525-22
N1170 X53.08
N1180 CYCLE97(3.000, , .650, -29.000, 48.000,
48.000, 0, 0, 2.25, .25, 0, 0, 4, 0, 1, 1)
N1190 M9
N1200 M5
N1210 M30
%

```

Імітація обробки на операцію 040



Код програми на операцію 040

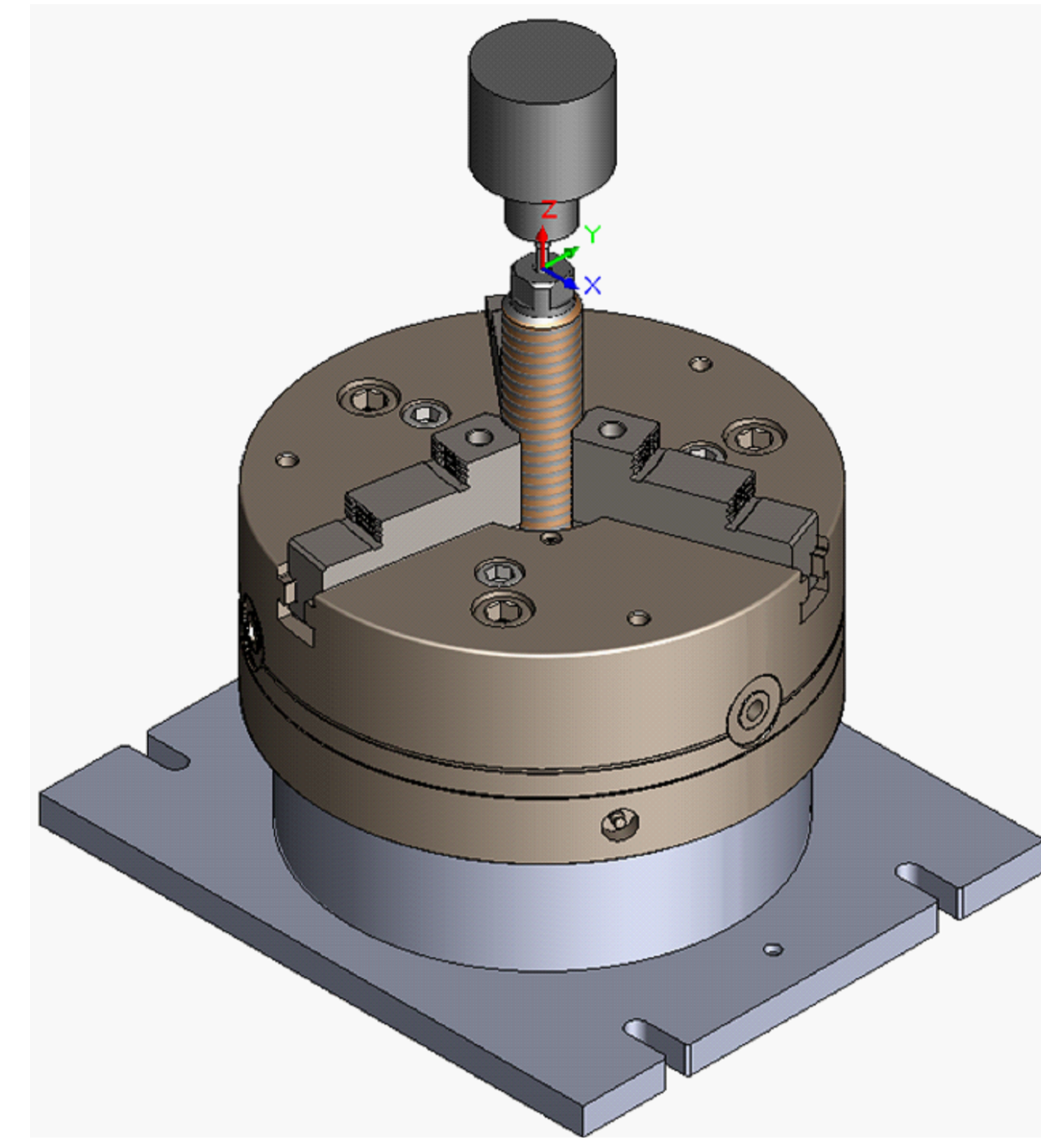
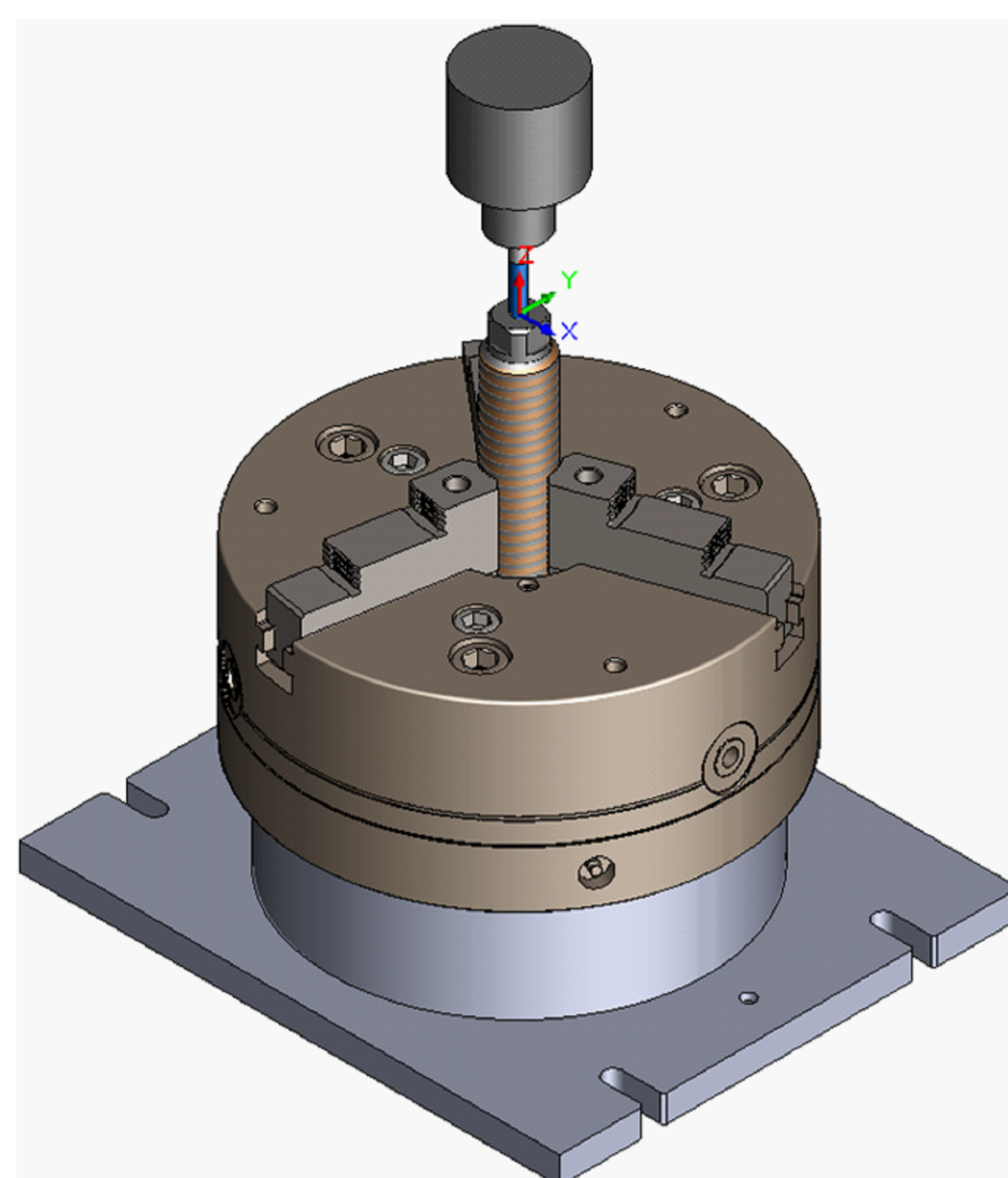
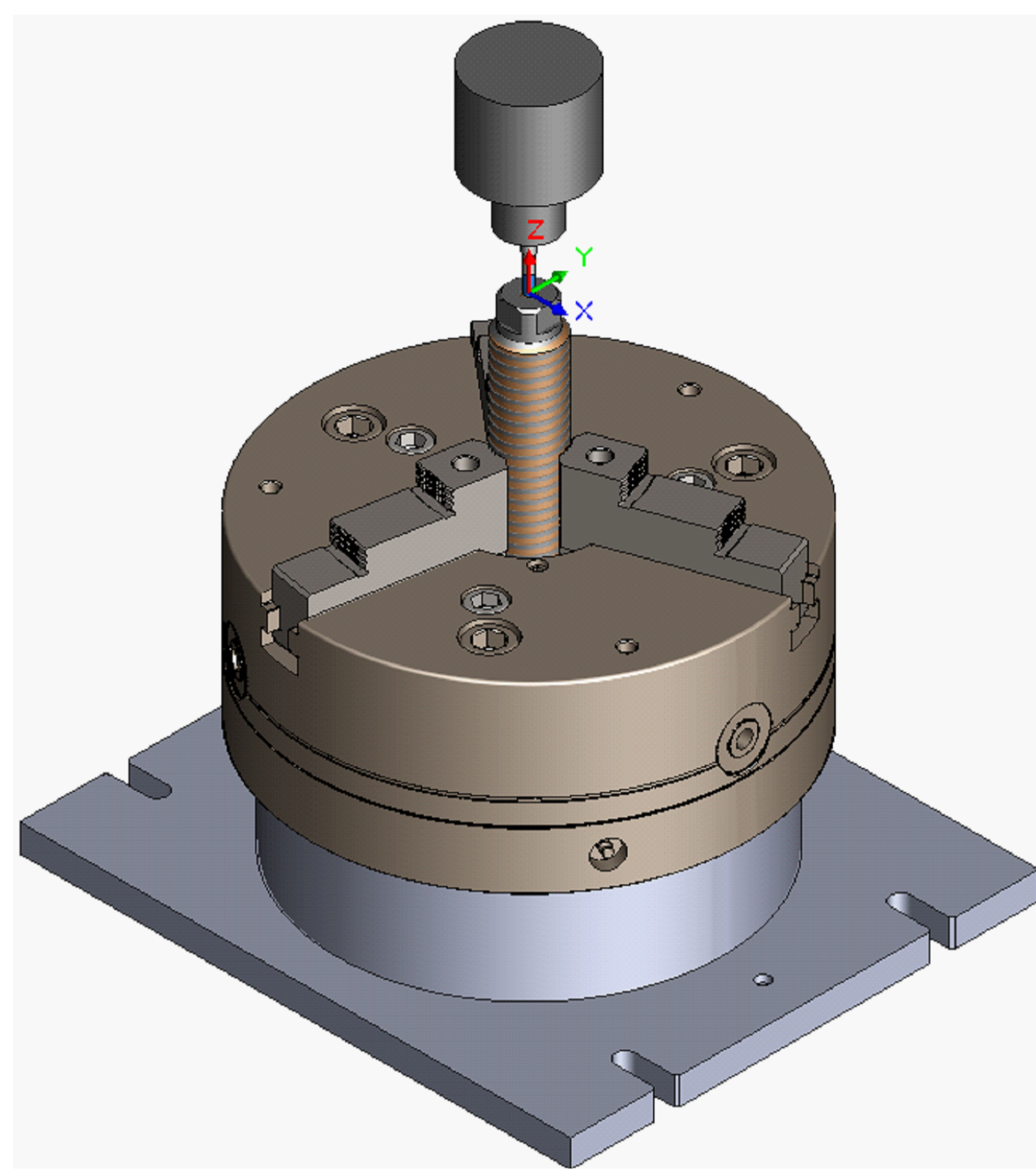
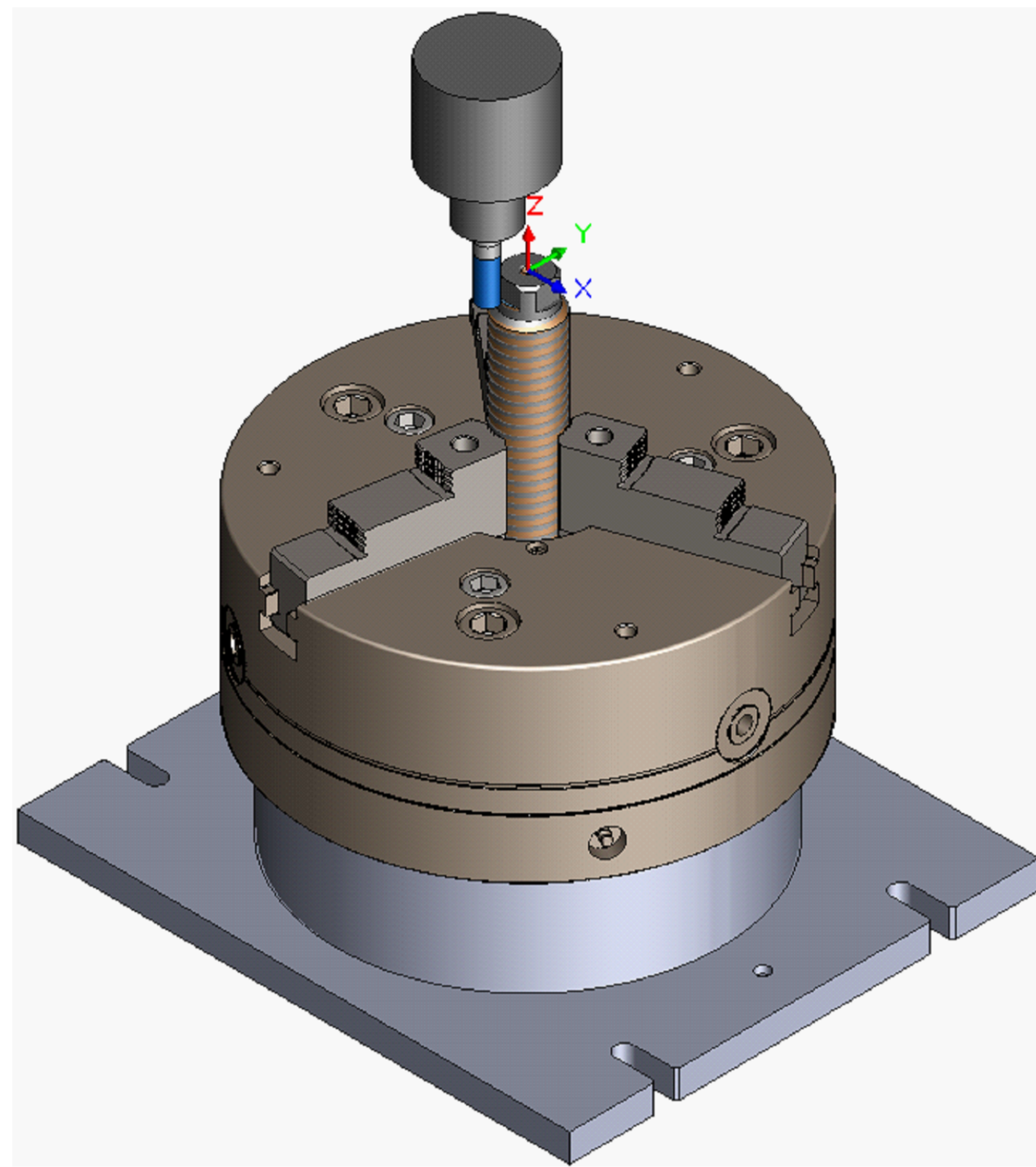
```

%
;10-12-2025; 040
N10 G1 G96 S548 M3 T2 F0.409; '5@=>2001
N20 G0 Z3.354 M8; PCLNR 2525M 19
N30 X45.707
N40 G95 G1 X39. Z0 F0.409
N50 G95 Z-20.847 F0.409
N60 G95 X43.653 Z-23.174 F0.409
N70 G95 G3 X45. Z-24.8 CR=2.3 F0.409
N80 G95 G1 Z-264.3 F0.409
N90 G95 G3 X44.982 Z-264.5 CR=2.3 F0.409
N100 G95 G1 X42.533 Z-278.5 F0.409
N110 G95 X45. F0.409
N120 G95 X45.707 Z-278.146 F0.409
N130 G0 X51.707
N140 Z0.354
N150 X36.36
N160 G95 G1 X35.653 Z0 F0.409
N170 G95 Z-1.923 F0.409
N180 G95 G3 X36. Z-2.8 CR=2.3 F0.409
N190 G95 G1 Z-19.347 F0.409
N200 G95 X39. Z-20.847 F0.409
N210 G95 X40.9 F0.409
N220 G0 X46.
N230 Z0.5
N240 X34.36
N250 G95 G1 X32.305 F0.409
N260 G95 Z0 F0.409
N270 G95 X34.653 Z-1.174 F0.409
N280 G95 G3 X35.653 Z-1.923 CR=2.3 F0.409
N290 G95 G1 X36.576 Z-2.115 F0.409
N300 G0 X84.4
N310 Z0.831
N320 X28.814
N330 G95 G1 Z0.331 F0.409
N340 G95 X33.238 Z-1.881 F0.409
N350 G95 G3 X34. Z-2.8 CR=1.3 F0.409
N360 G95 G1 Z-19.775 F0.409
N370 G95 G3 X34.238 Z-19.881 CR=1.3 F0.409
N380 G95 G1 X42.238 Z-23.881 F0.409
N390 G95 G3 X43. Z-24.8 CR=1.3 F0.409
N400 G95 G1 Z-264.3 F0.409
N410 G95 G3 X42.99 Z-264.413 CR=1.3 F0.409
N420 G95 G1 X40.35 Z-279.5 F0.409
N430 G95 X78.4 F0.409
N440 G95 X79.107 Z-279.146 F0.409
N450 G0 X85.107
N460 X508. Z127.
N470 M9
N480 M5
N490 M1
N500 G0 G96 M3 T3; '8AB>2001
N510 Z3.266 M8; SVJBR 2525M 16
N520 X34.531
N530 G95 G1 X28.531 Z0.266 F0.409
N540 G95 Z-0.234 F0.409
N550 G95 X32.531 Z-2.234 F0.409
N560 G95 G3 X33. Z-2.8 CR=.8 F0.409
N570 G95 G1 Z-20.058 F0.409
N580 G95 G3 X33.531 Z-20.234 CR=.8 F0.409
N590 G95 G1 X41.531 Z-24.234 F0.409
N600 G95 G3 X42. Z-24.8 CR=.8 F0.409
N610 G95 G1 Z-264.3 F0.409
N620 G95 G3 X41.531 Z-264.866 CR=.8 F0.409
N630 G95 G1 X33.117 Z-269.073 F0.409
N640 G95 G2 X33. Z-269.214 CR=.2 F0.409
N650 G95 G1 Z-277.8 F0.409
N660 G95 G2 X37.4 Z-280. CR=2.2 F0.409
N670 G95 G1 X78.4 F0.409
N680 G95 X79.107 Z-279.646 F0.409
N690 G0 X85.107
N700 X508. Z127.
N710 M9
N720 M5
N730 M30

```

				МР.ПМКМ-011.05.00.000		
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.		Кабан А.В.			Імітація обробки та код програми на операції 030 та 040	
Пров.		Онисько О.Р.				
Т. контр.		Онисько О.Р.				
Рецензент						
Н. контр.		Онисько О.Р.			Лист 1 Листов 1	
Утв.		Панчук В.Г.				
					ІФНТУНГ ПМКМ-24-1	

Імв. № подл. | Подп. і дата | Взам. імв. № | Імв. № дубл. | Справа № | Перепр. примен.



Код програми на операцію 050

```

%
;2N342-1400-PD P2BM
(TOOL DIAMETER = 14.0
CORNER RADIUS = 0.0 OFFSET=G54)
(TOOL PROTRUSION : 50.00)
(>=BC@=001 )
(XY ALLOWANCE : 0.0000)
N1 G00 G71 G90 G54 G64 G40
N2 M06 T02
N3 S5412 M03
N4 G41 G00 X-8.732 Y21.
N5 Z3.
N6 G01 Z-3. F371.181
N7 X8.732 F1484.723
N8 G00 Z3.
N9 G40 X8.732 Y21.
N10 G41 X-8.732 Y21.
N11 Z0
N12 G01 Z-5. F371.181
N13 X8.732 F1484.723
N14 G00 Z3.
N15 G40 X8.732 Y21.
N16 G41 X-8.732 Y21.
N17 Z-2.
N18 G01 Z-7. F371.181
N19 X8.732 F1484.723
N20 G00 Z3.
N21 G40 X8.732 Y21.
N22 G41 X-8.732 Y21.
N23 Z-4.
N24 G01 Z-9. F371.181
N25 X8.732 F1484.723
N26 G00 Z3.
N27 G40 X8.732 Y21.
N28 G41 X-8.732 Y21.
N29 Z-6.
N30 G01 Z-11. F371.181
N31 X8.732 F1484.723
N32 G00 Z3.
N33 G40 X8.732 Y21.
N34 G41 X-8.732 Y21.
N35 Z-8.
N36 G01 Z-13. F371.181
N37 X8.732 F1484.723
N38 G00 Z3.
    
```

```

N39 G40 X8.732 Y21.
N40 G41 X-8.732 Y21.
N41 Z-10.
N42 G01 Z-15. F371.181
N43 X8.732 F1484.723
N44 G00 Z3.
N45 Z25.
N46 G40 X8.732 Y21.
N47 X26.558 Y16.27
N48 Z3.
N49 G01 Z-3. F371.181
N50 G41 X21.41 Y11.122 F1113.543
N51 G03 X21. Y10.132 I22.4 J10.132
N52 G01 Y-10.132 F1484.723
N53 G03 X21.41 Y-11.122 I22.4 J-10.132
N54 G40 G01 X26.558 Y-16.27
N55 G00 Z3.
N56 X26.558 Y16.27
N57 Z0
N58 G01 Z-5. F371.181
N59 G41 X21.41 Y11.122 F1113.543
N60 G03 X21. Y10.132 I22.4 J10.132
N61 G01 Y-10.132 F1484.723
N62 G03 X21.41 Y-11.122 I22.4 J-10.132
N63 G40 G01 X26.558 Y-16.27
N64 G00 Z3.
N65 X26.558 Y16.27
N66 Z-2.
N67 G01 Z-7. F371.181
N68 G41 X21.41 Y11.122 F1113.543
N69 G03 X21. Y10.132 I22.4 J10.132
N70 G01 Y-10.132 F1484.723
N71 G03 X21.41 Y-11.122 I22.4 J-10.132
N72 G40 G01 X26.558 Y-16.27
N73 G00 Z3.
N74 X26.558 Y16.27
N75 Z-4.
N76 G01 Z-9. F371.181
N77 G41 X21.41 Y11.122 F1113.543
N78 G03 X21. Y10.132 I22.4 J10.132
N79 G01 Y-10.132 F1484.723
N80 G03 X21.41 Y-11.122 I22.4 J-10.132
N81 G40 G01 X26.558 Y-16.27
N82 G00 Z3.
N83 X26.558 Y16.27
    
```

```

N84 Z-6.
N85 G01 Z-11. F371.181
N86 G41 X21.41 Y11.122 F1113.543
N87 G03 X21. Y10.132 I22.4 J10.132
N88 G01 Y-10.132 F1484.723
N89 G03 X21.41 Y-11.122 I22.4 J-10.132
N90 G40 G01 X26.558 Y-16.27
N91 G00 Z3.
N92 X26.558 Y16.27
N93 Z-8.
N94 G01 Z-13. F371.181
N95 G41 X21.41 Y11.122 F1113.543
N96 G03 X21. Y10.132 I22.4 J10.132
N97 G01 Y-10.132 F1484.723
N98 G03 X21.41 Y-11.122 I22.4 J-10.132
N99 G40 G01 X26.558 Y-16.27
N100 G00 Z3.
N101 X26.558 Y16.27
N102 Z-10.
N103 G01 Z-15. F371.181
N104 G41 X21.41 Y11.122 F1113.543
N105 G03 X21. Y10.132 I22.4 J10.132
N106 G01 Y-10.132 F1484.723
N107 G03 X21.41 Y-11.122 I22.4 J-10.132
N108 G40 G01 X26.558 Y-16.27
N109 G00 Z3.
N110 Z25.
N111 X8.732 Y-21.
N112 Z3.
N113 G01 Z-3. F371.181
N114 G41 X-8.732 Y-21. F1484.723
N115 G00 Z3.
N116 G40 X-8.732 Y-21.
N117 X8.732 Y-21.
N118 Z0
N119 G01 Z-5. F371.181
N120 G41 X-8.732 Y-21. F1484.723
N121 G00 Z3.
N122 G40 X-8.732 Y-21.
N123 X8.732 Y-21.
N124 Z-2.
N125 G01 Z-7. F371.181
N126 G41 X-8.732 Y-21. F1484.723
N127 G00 Z3.
N128 G40 X-8.732 Y-21.
    
```

```

N130 Z-4.
N131 G01 Z-9. F371.181
N132 G41 X-8.732 Y-21. F1484.723
N133 G00 Z3.
N134 G40 X-8.732 Y-21.
N135 X8.732 Y-21.
N136 Z-6.
N137 G01 Z-11. F371.181
N138 G41 X-8.732 Y-21. F1484.723
N139 G00 Z3.
N140 G40 X-8.732 Y-21.
N141 X8.732 Y-21.
N142 Z-8.
N143 G01 Z-13. F371.181
N144 G41 X-8.732 Y-21. F1484.723
N145 G00 Z3.
N146 G40 X-8.732 Y-21.
N147 X8.732 Y-21.
N148 Z-10.
N149 G01 Z-15. F371.181
N150 G41 X-8.732 Y-21. F1484.723
N151 G00 Z3.
N152 Z25.
N153 G40 X-8.732 Y-21.
N154 X-21. Y-8.732
N155 Z3.
N156 G01 Z-3. F371.181
N157 G41 X-21. Y8.732 F1484.723
N158 G00 Z3.
N159 G40 X-21. Y8.732
N160 X-21. Y-8.732
N161 Z0
N162 G01 Z-5. F371.181
N163 G41 X-21. Y8.732 F1484.723
N164 G00 Z3.
N165 G40 X-21. Y8.732
N166 X-21. Y-8.732
N167 Z-2.
N168 G01 Z-7. F371.181
N169 G41 X-21. Y8.732 F1484.723
N170 G00 Z3.
N171 G40 X-21. Y8.732
N172 X-21. Y-8.732
N173 Z-4.
    
```

```

N175 G41 X-21. Y8.732 F1484.723
N176 G00 Z3.
N177 G40 X-21. Y8.732
N178 X-21. Y-8.732
N179 Z-6.
N180 G01 Z-11. F371.181
N181 G41 X-21. Y8.732 F1484.723
N182 G00 Z3.
N183 G40 X-21. Y8.732
N184 X-21. Y-8.732
N185 Z-8.
N186 G01 Z-13. F371.181
N187 G41 X-21. Y8.732 F1484.723
N188 G00 Z3.
N189 G40 X-21. Y8.732
N190 X-21. Y-8.732
N191 Z-10.
N192 G01 Z-15. F371.181
N193 G41 X-21. Y8.732 F1484.723
N194 G00 Z3.
N195 Z25.
N196 G40 X-21. Y8.732
N197 M06 T01;860.1-0680-040A1-PM P1BM
N198 S11828 M03
N199 MCALL CYCLE83(25.,0,3.,,27.041,,5.,2.,,0,0,1,1)
N200 X0 Y0 F1321.895 M03
N201 MCALL
N202 M06 T04;1C050-0150-060-XB 1620
N203 S6558 M03
N204 MCALL CYCLE82(25.,0,3.,,5.,1)
N205 X0 Y0 F799.626 M03
N206 MCALL
N207 M06 T03;T300-XM104DA-M8 C110
N208 S958 M03
N209 MCALL CYCLE840(25.,0,3.,,20.,0,4,3,1)
N210 X0 Y0 F1197.601 M03
N211 MCALL
N212 M05
HOME
N213 M30
%
    
```

Изм				Лист				№ докум.				Подп.				Дата				Лит.				Масса				Масштаб							
																				Имітація обробки та код програми на операцію 050												1:1			
																												Лист 1				Листов 1			
																												ІФНТУНГ				ПМКМ-24-1			
																												Формат А1							

Перв. примен.

Справа. №

Подп. и дата

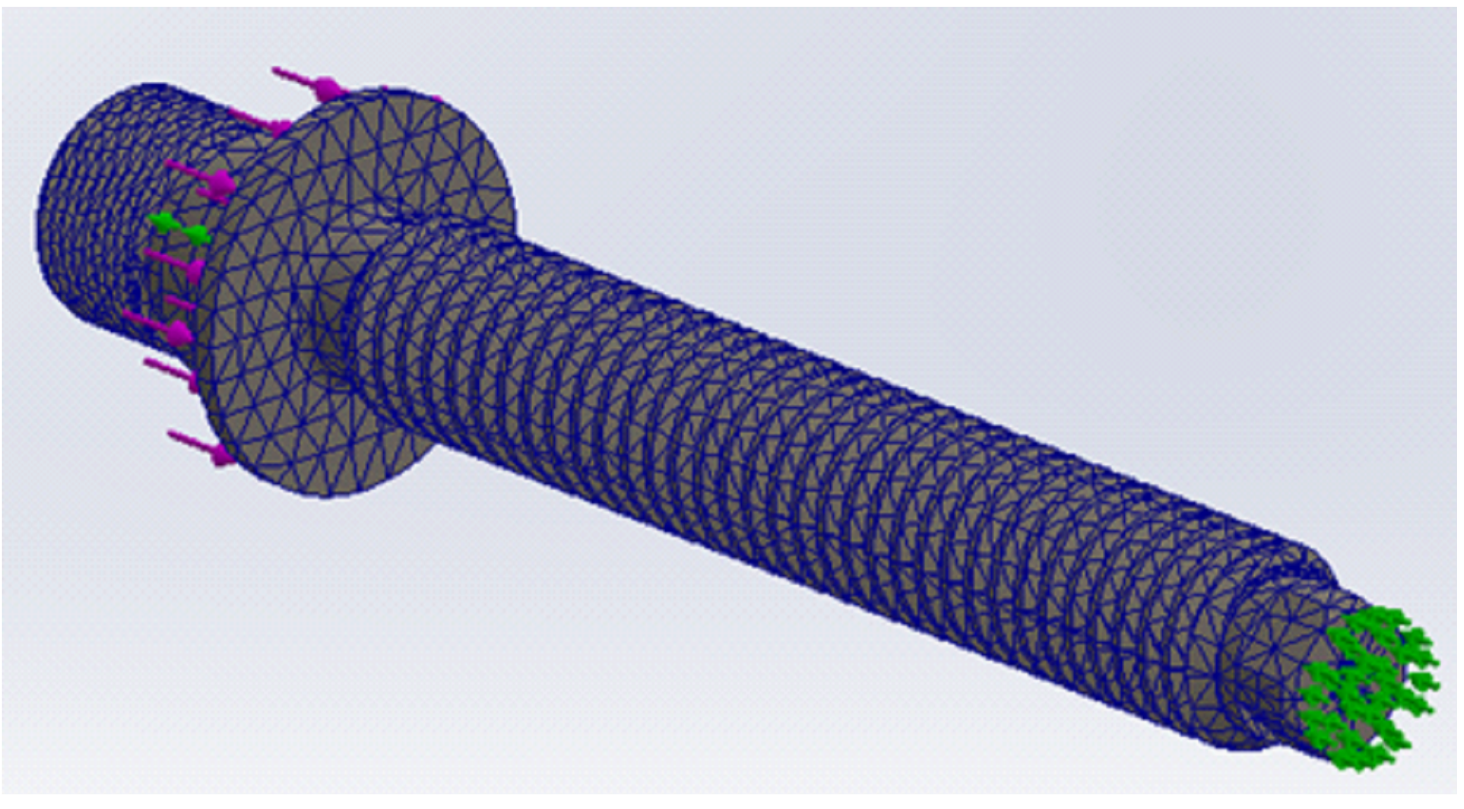
Изм. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

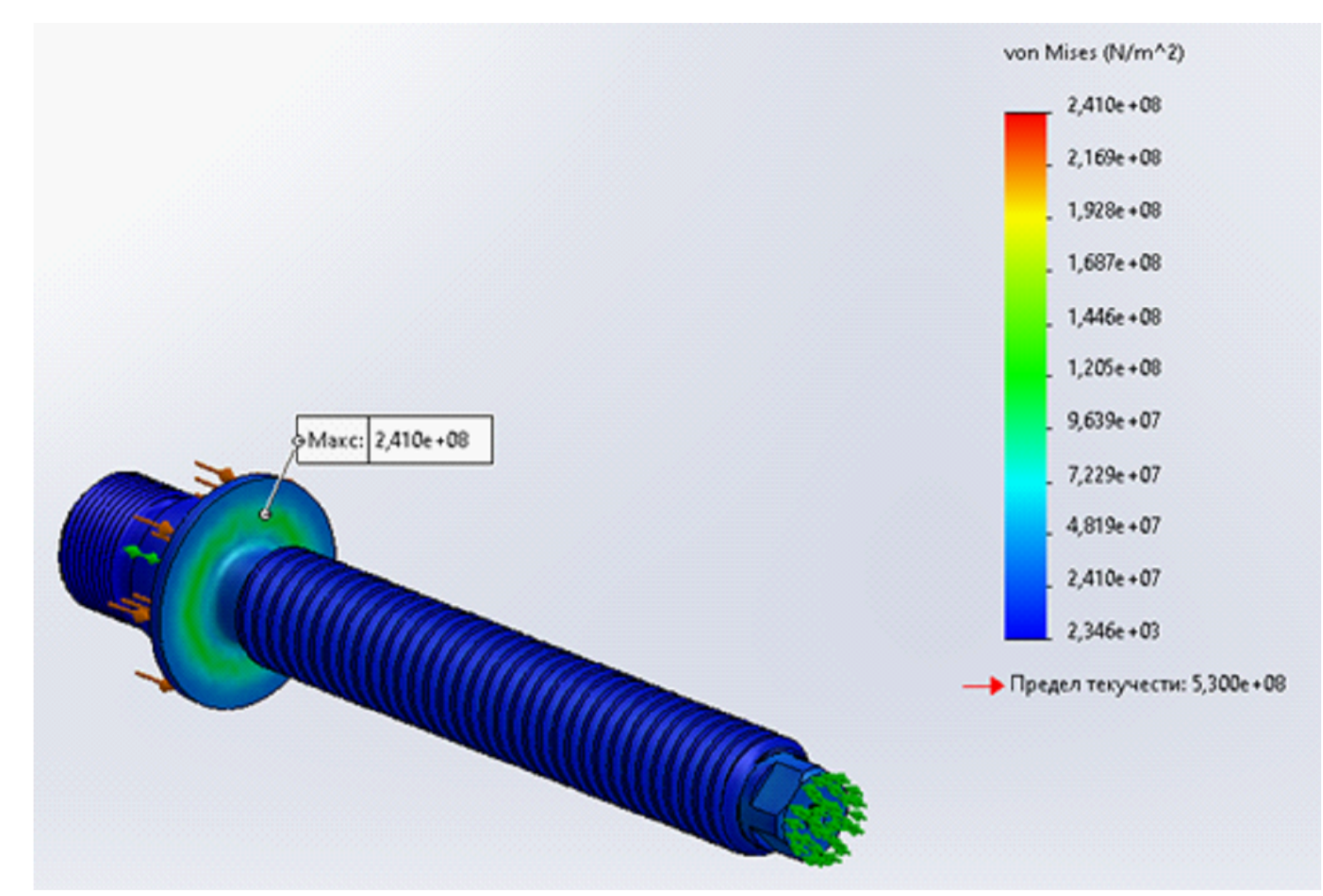
Изм. № подл.

- Статический 1 (-По умолчанию-)
- Гвинт для досліджень (-[SW]AISI 104)
- Соединения
- Крепления
 - На цилиндрических гранях-1 (:0 mm)
 - На плоских гранях-1 (:0 mm)
- Внешние нагрузки
 - Сила-1 (:На объект: 20 000 N)
- Сетка

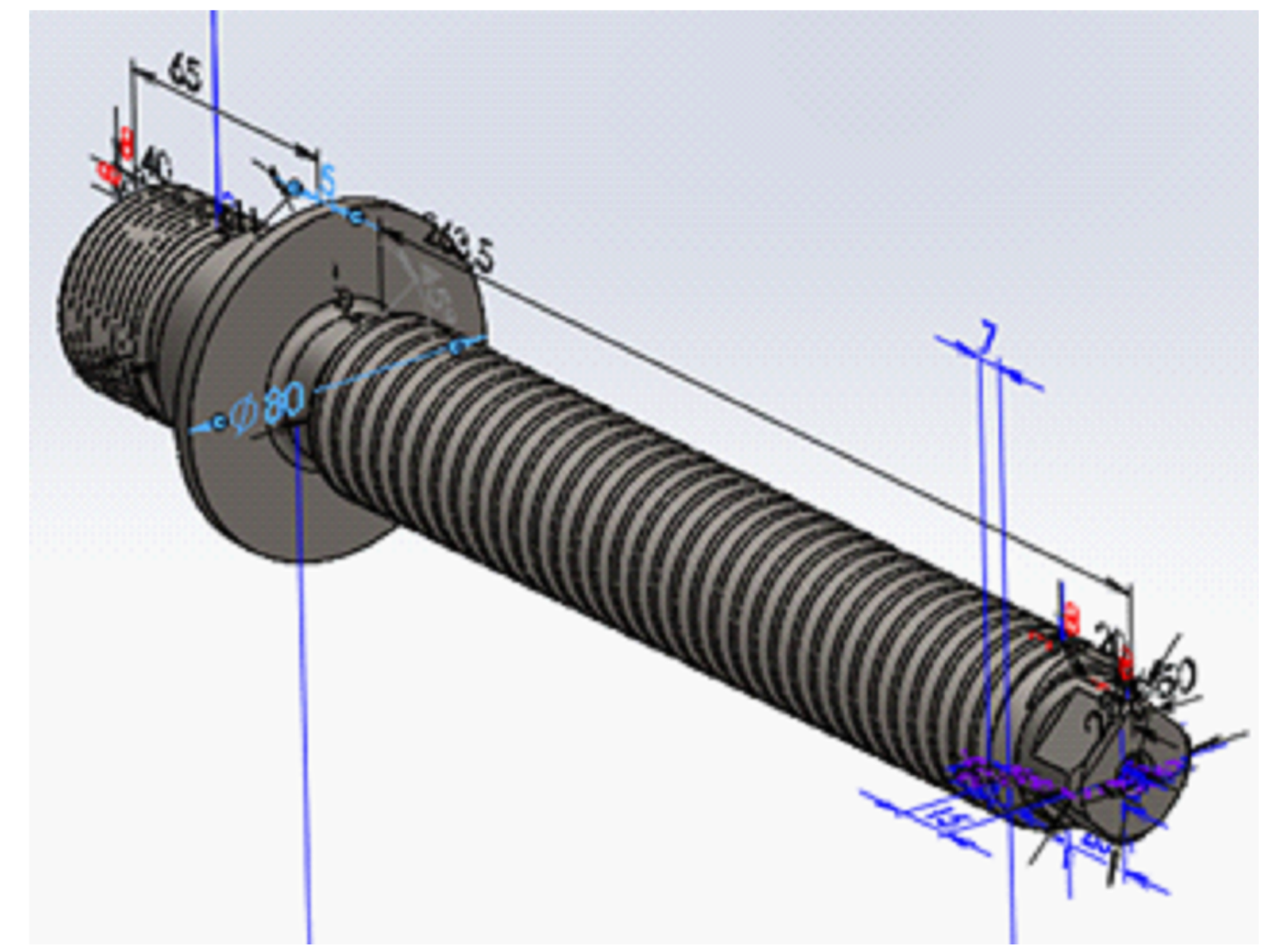


а б

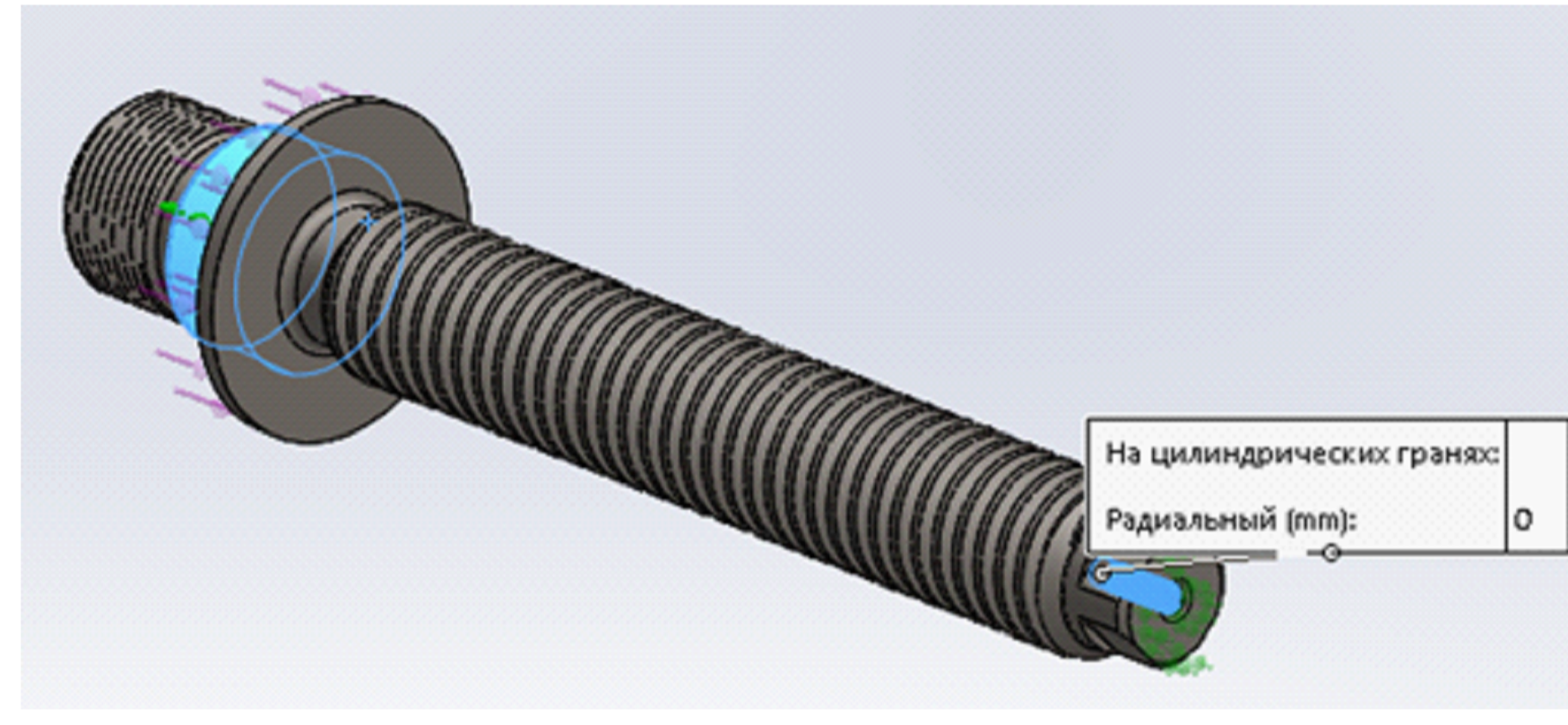
Дерево моделі (а) і сітка елементів (б)



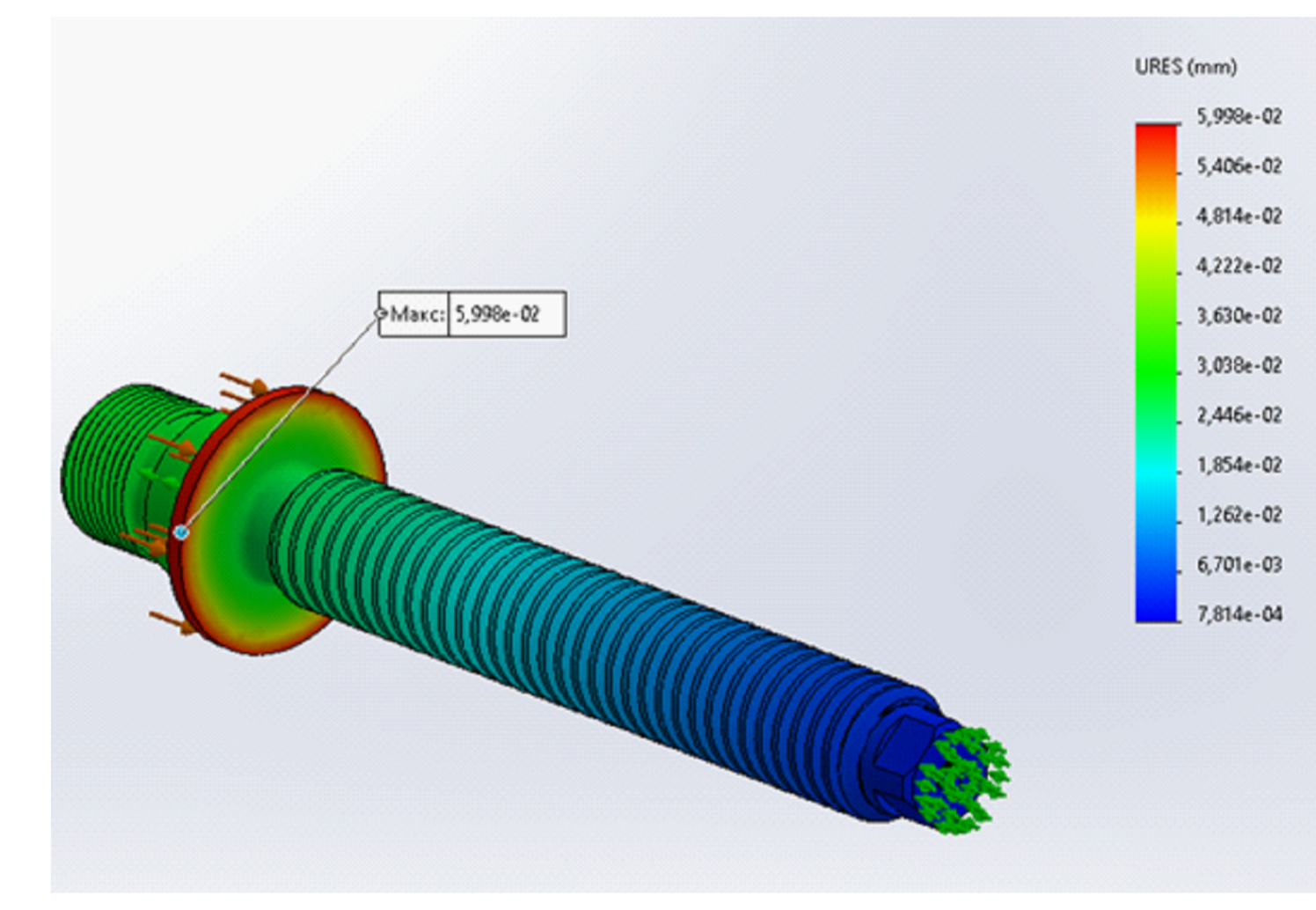
Розподіл еквівалентних напружень (за критерієм Мізеса-Губера), МПа



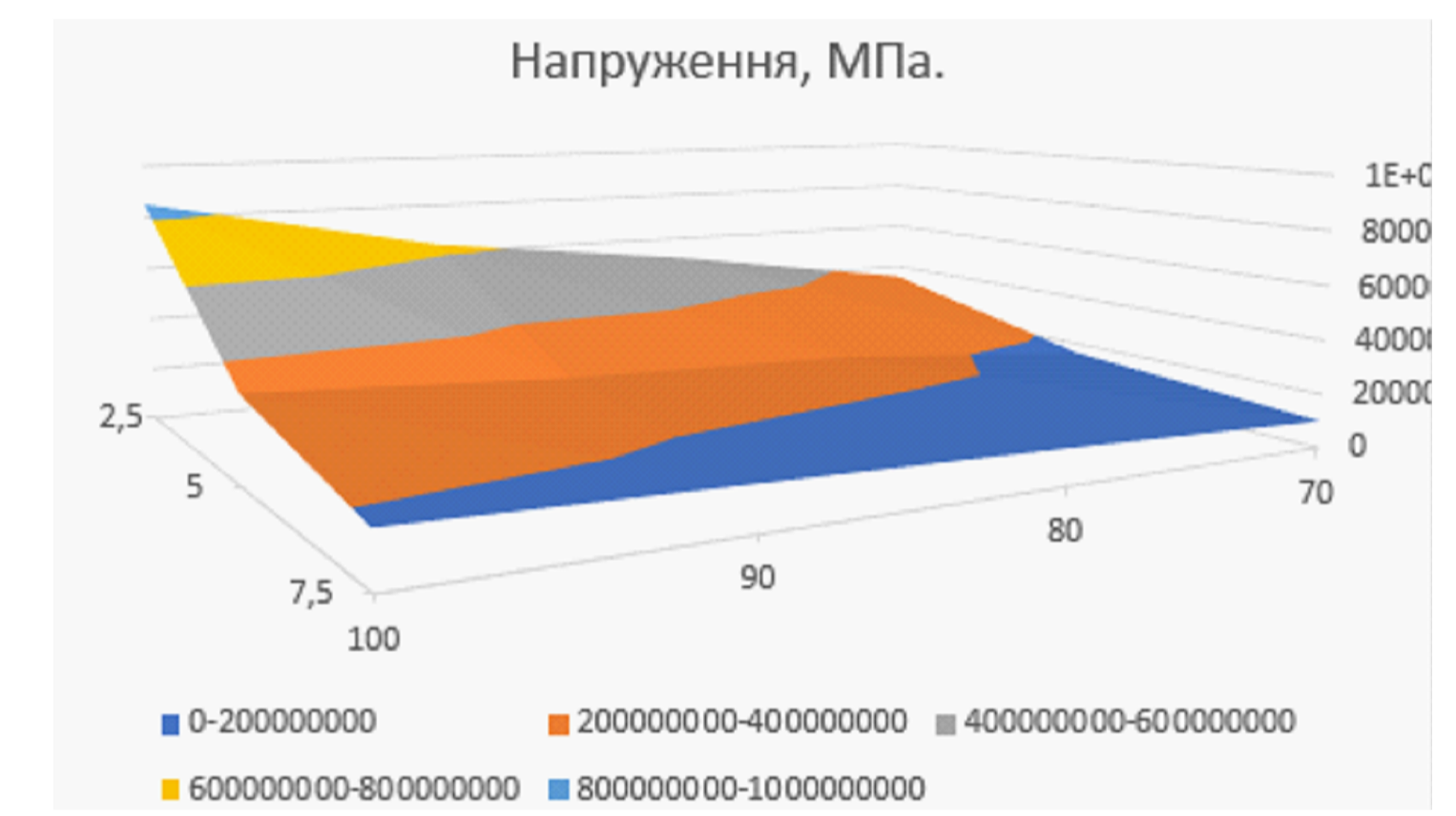
Параметри, що використовуються в дослідженні



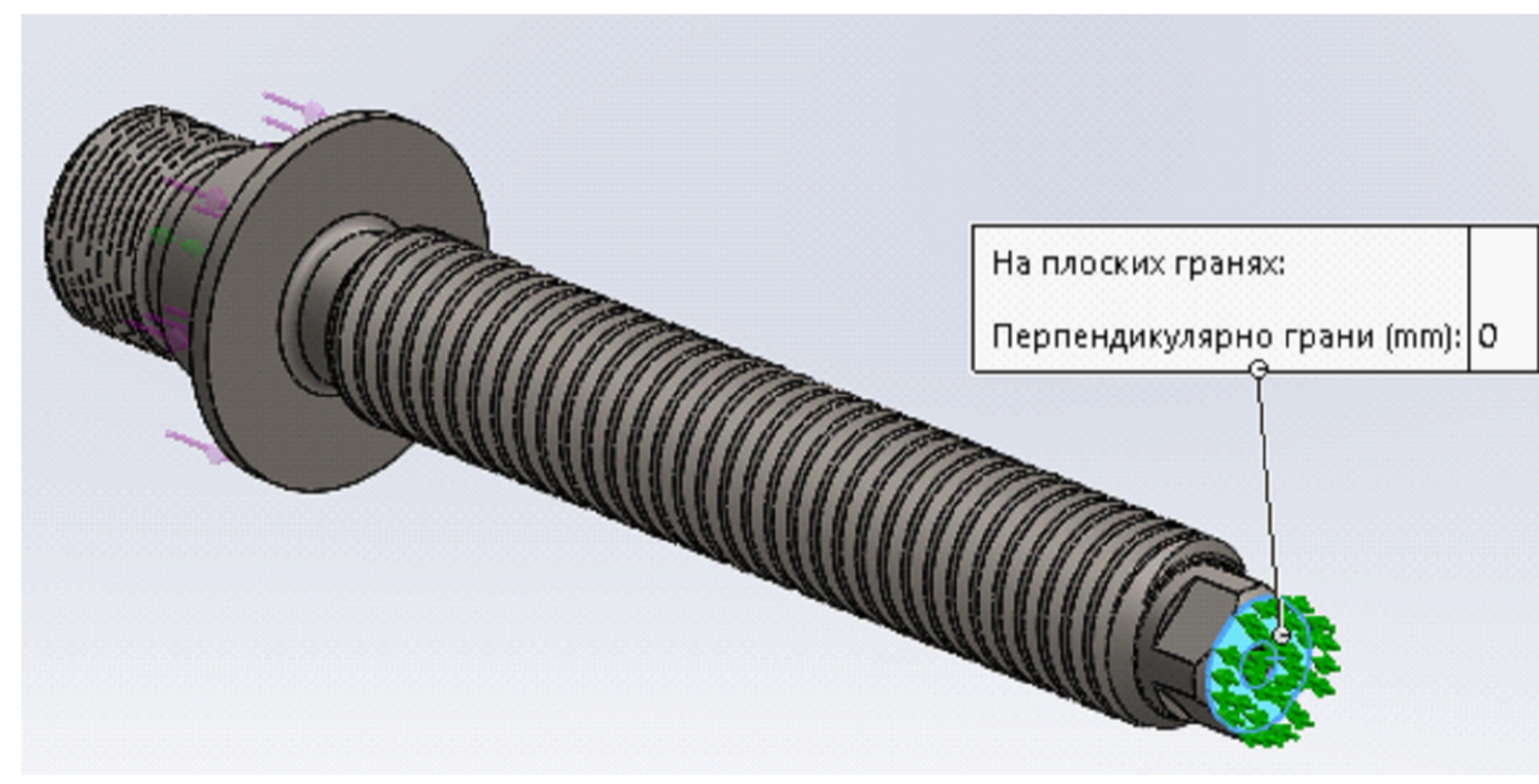
Граничні умови «На циліндричні поверхні»



Сумарні переміщення (мм)

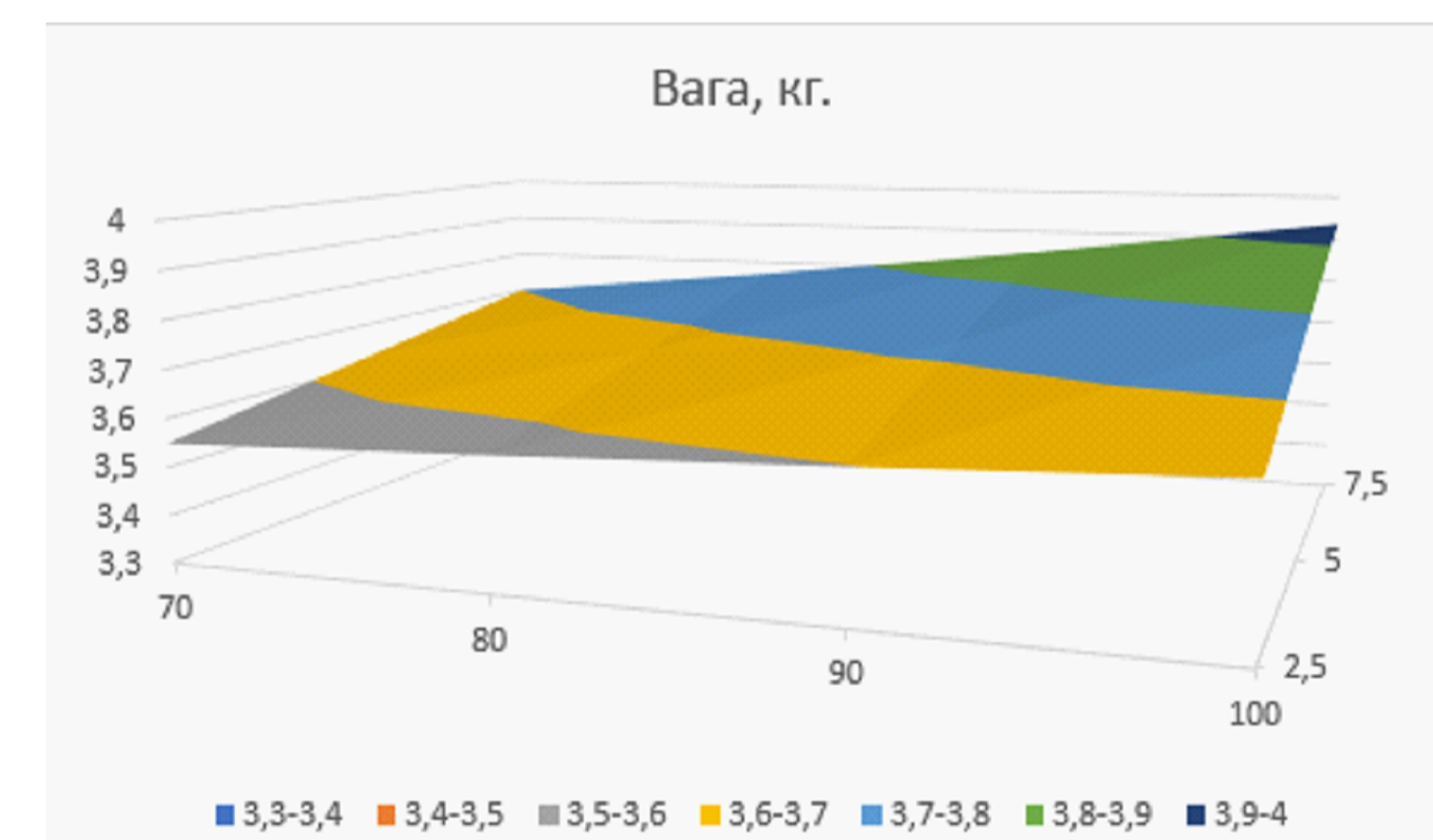
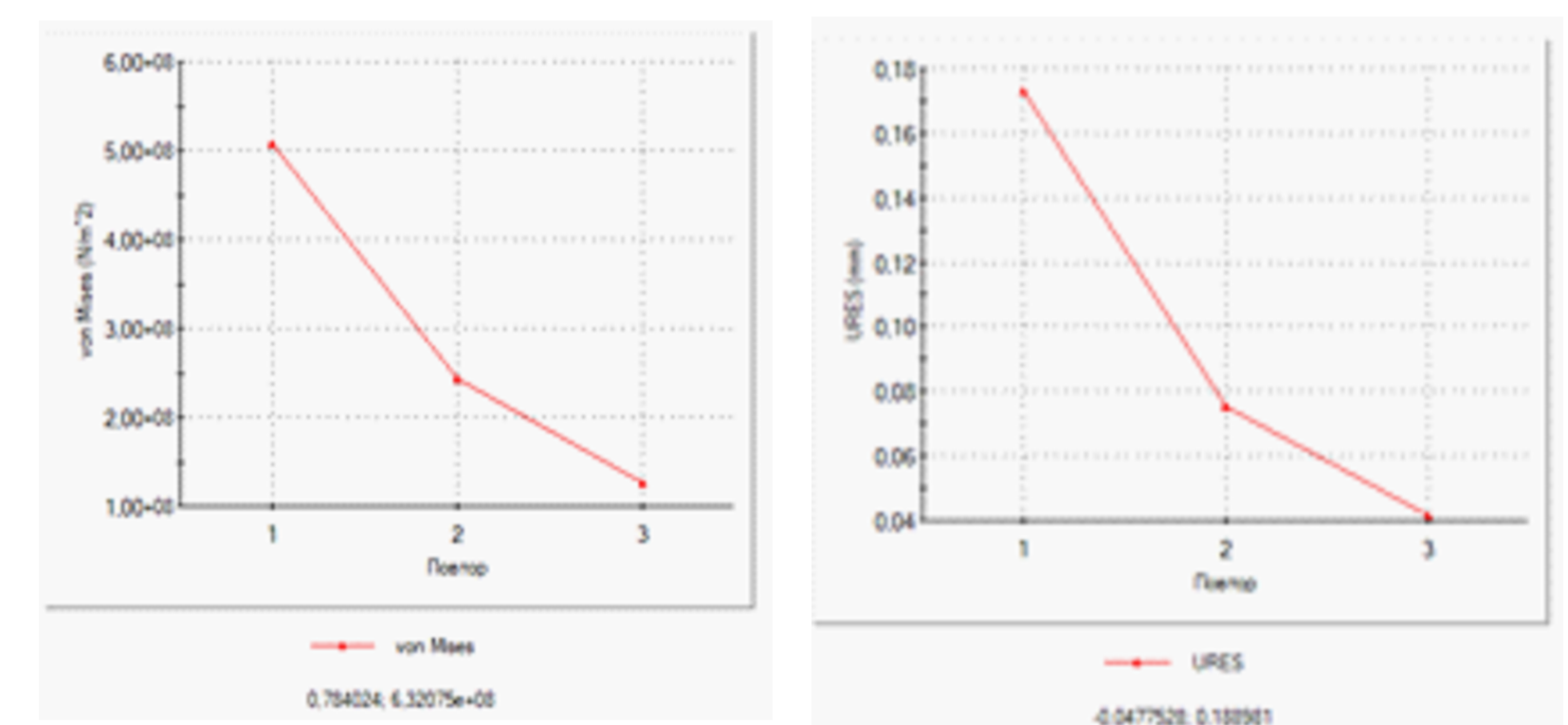


Залежність еквівалентних напружень від діаметру d і товщини t

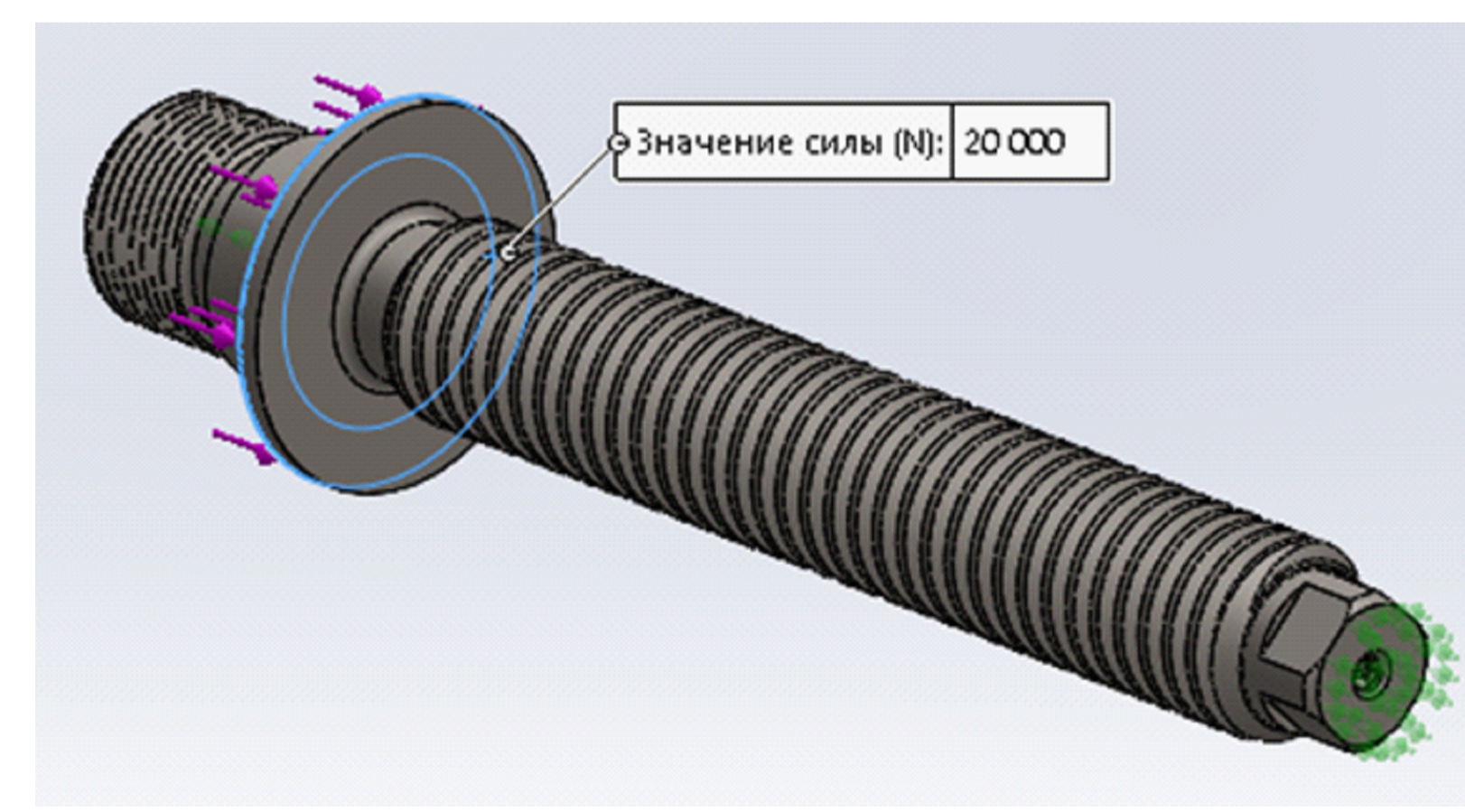


Граничні умови «На поверхню торця гвинта натискного»

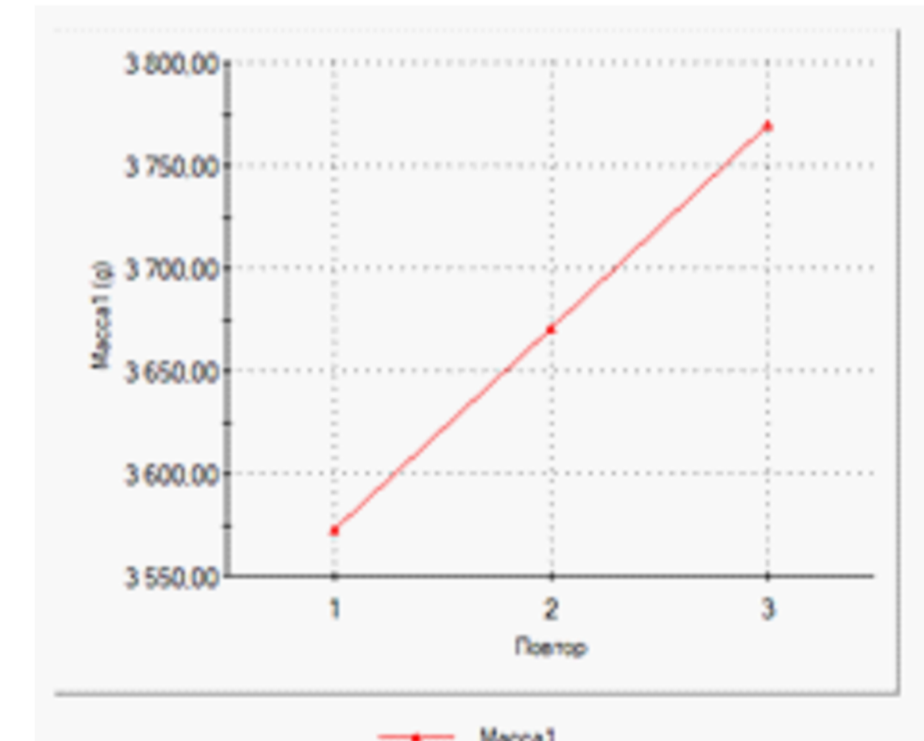
- Выявить тенденцию (-Повтор 3-)
- Журнал тенденций
- Масса1
- Напряжение1
- Перемещение1



Залежність маси від діаметру d і товщини t



Зусилля яке діє на бортик «20000 Н»

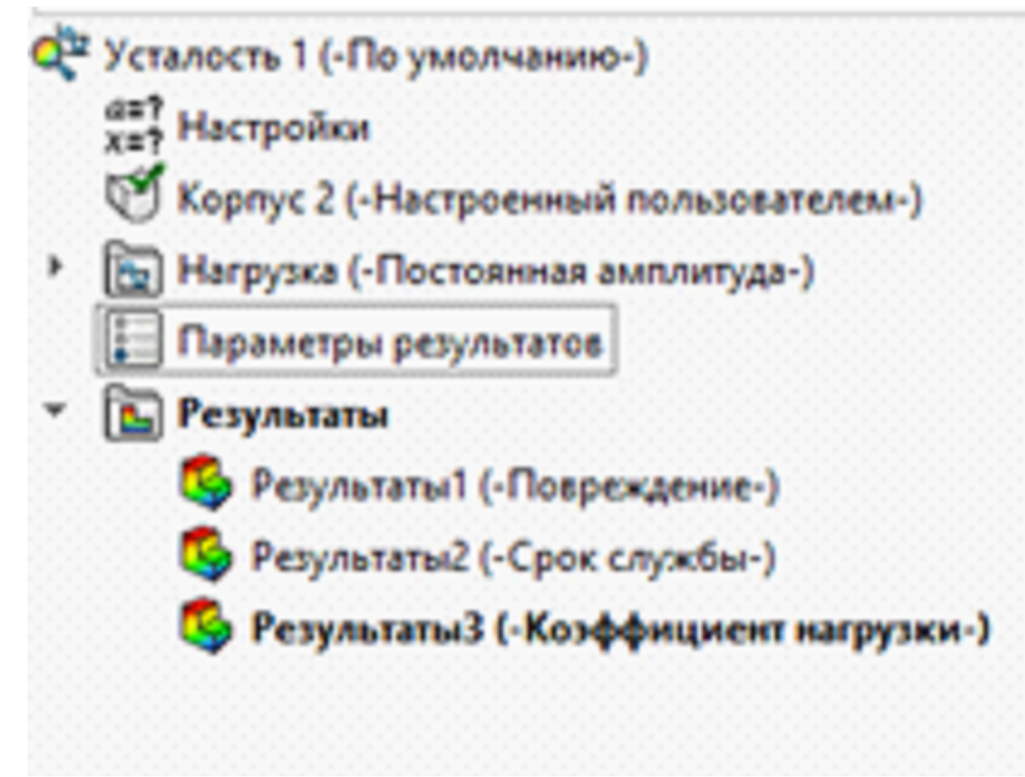


Підсумки параметричного вивчення «Виявити закономірність»

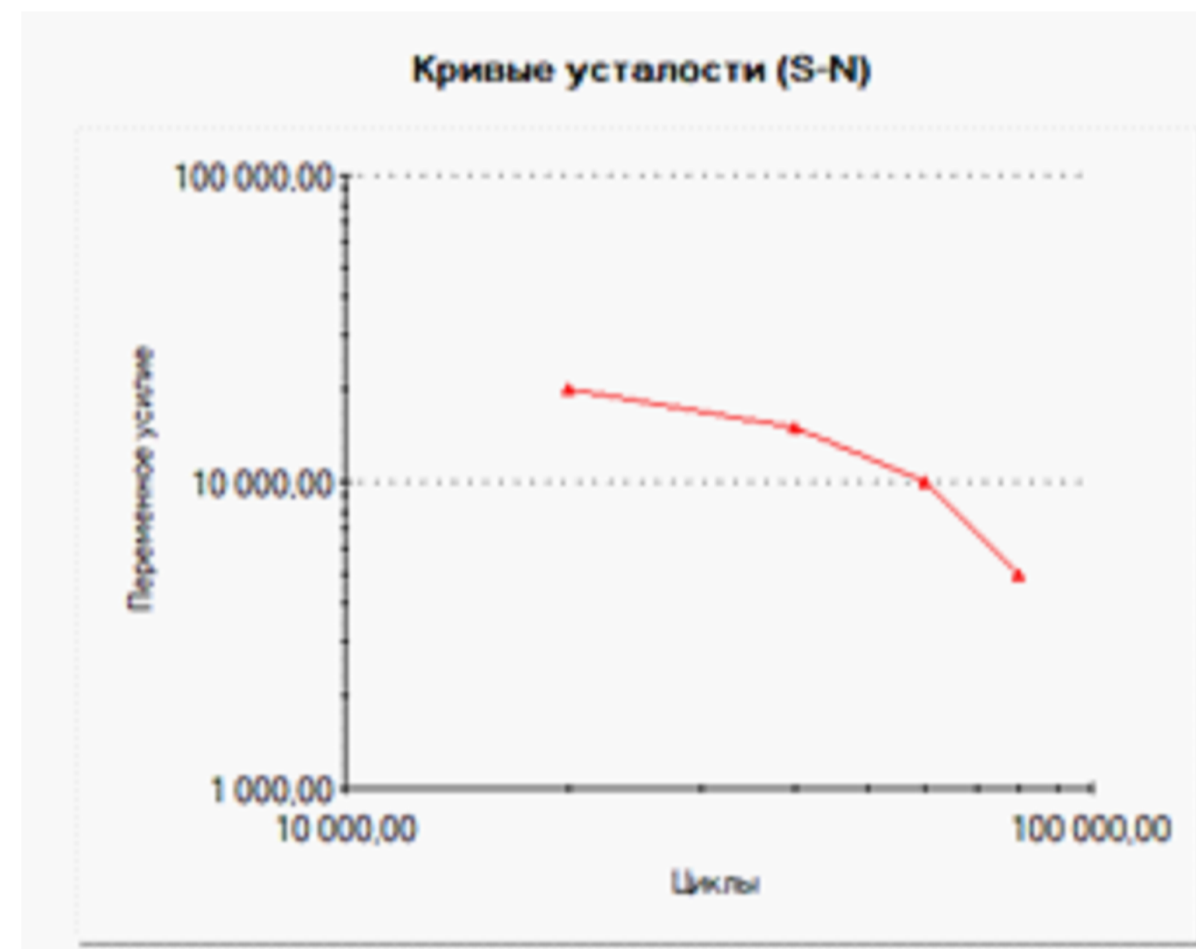
				MP.PMKM-011.07.00.000			
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Кабан А.В.					1:1
Пров.		Онисько О.Р.					
Т. контр.		Онисько О.Р.					
Н. контр.		Онисько О.Р.					
Утв.		Панчук В.Г.					
					Лист 1	Листов 1	
					ІФНТУНГ PMKM-24-1		

Перв. примен.
Справа. №
Подп. и дата
Взам. инв. №
Инд. № дубл.
Подп. и дата
Инд. № подл.

Обчислення циклічної довговічності деталі гвинт натискний

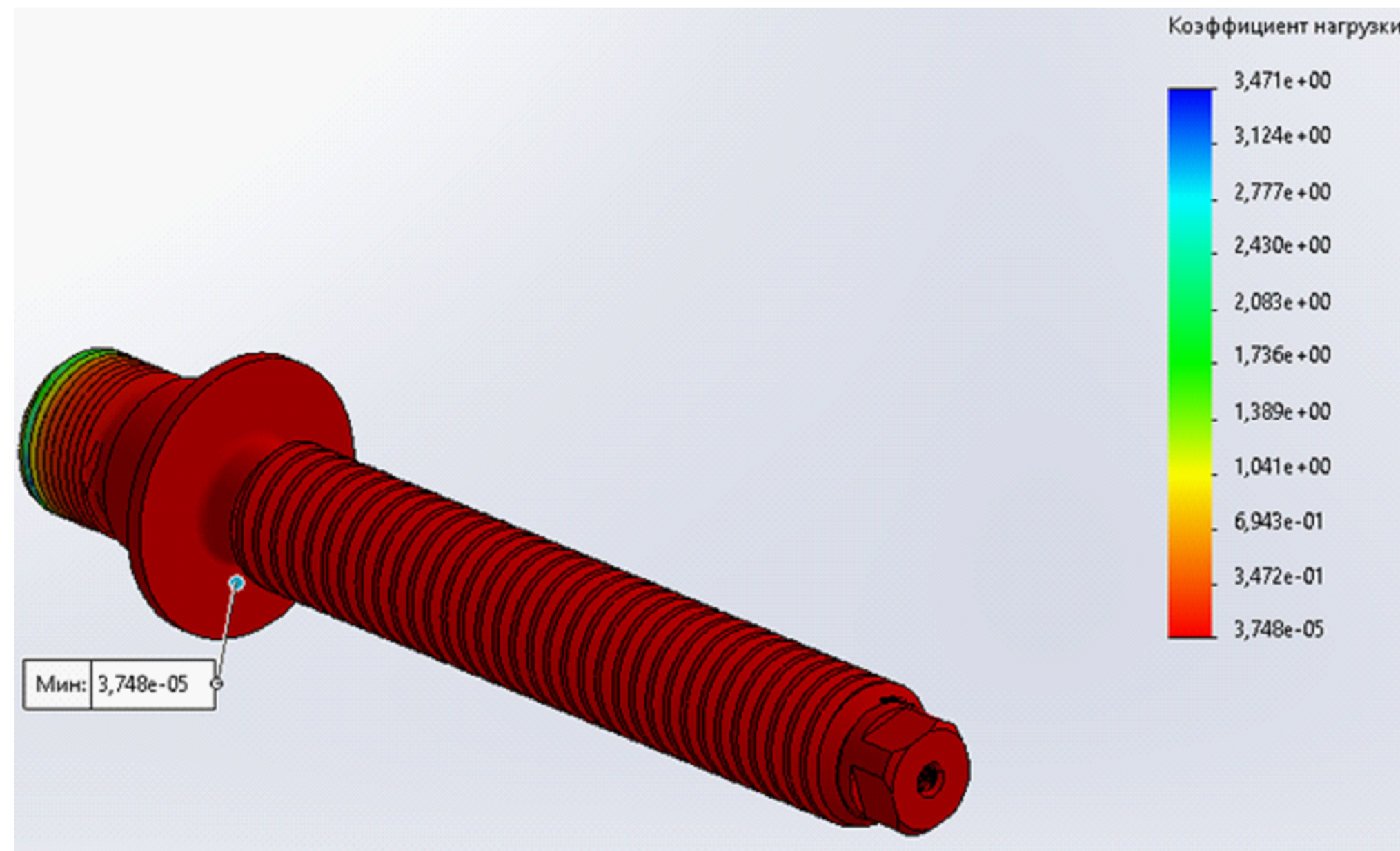


а



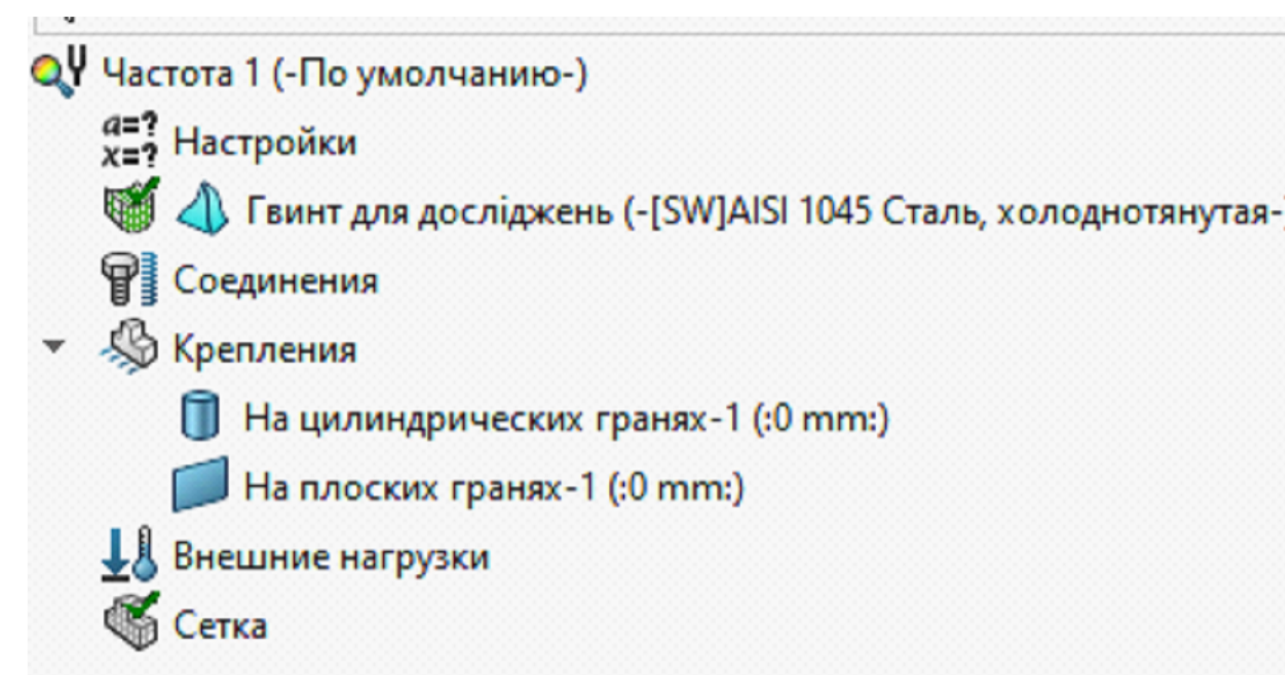
б

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

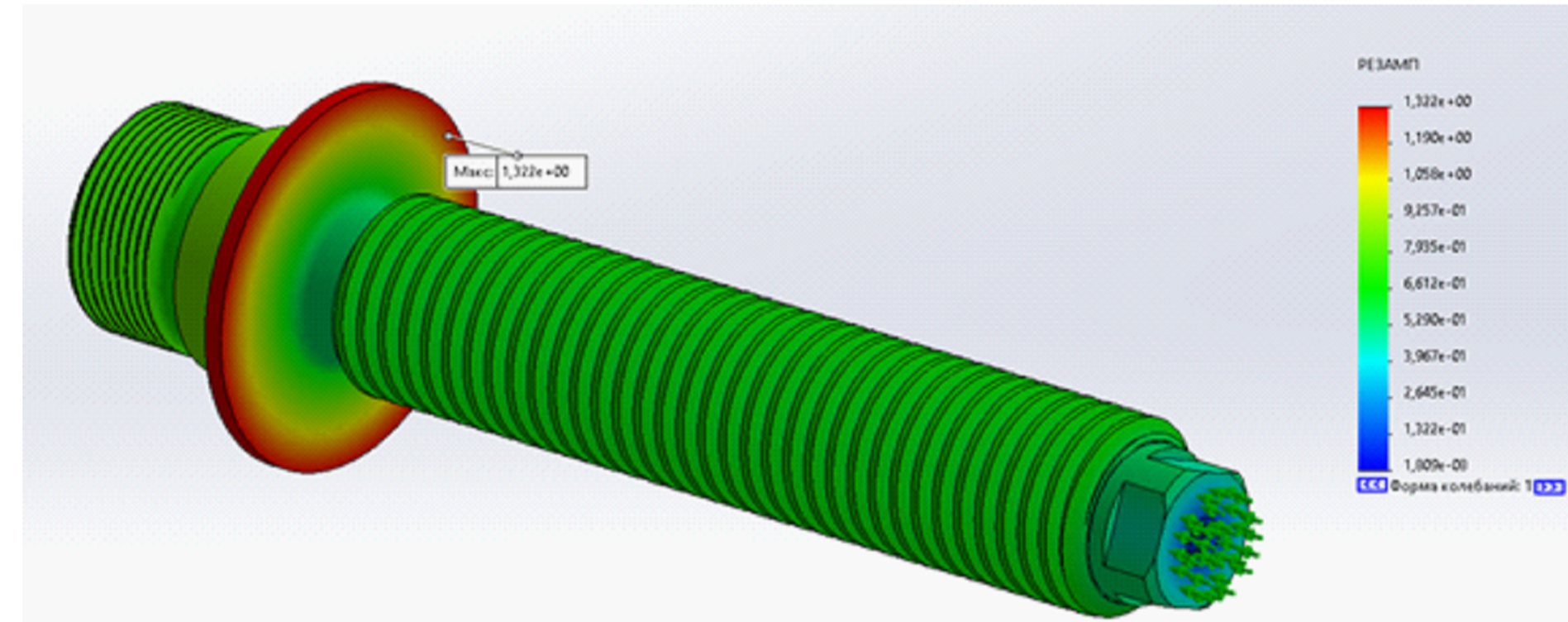


Коэффициент запаса в томной мцности деталі гвинт натискний

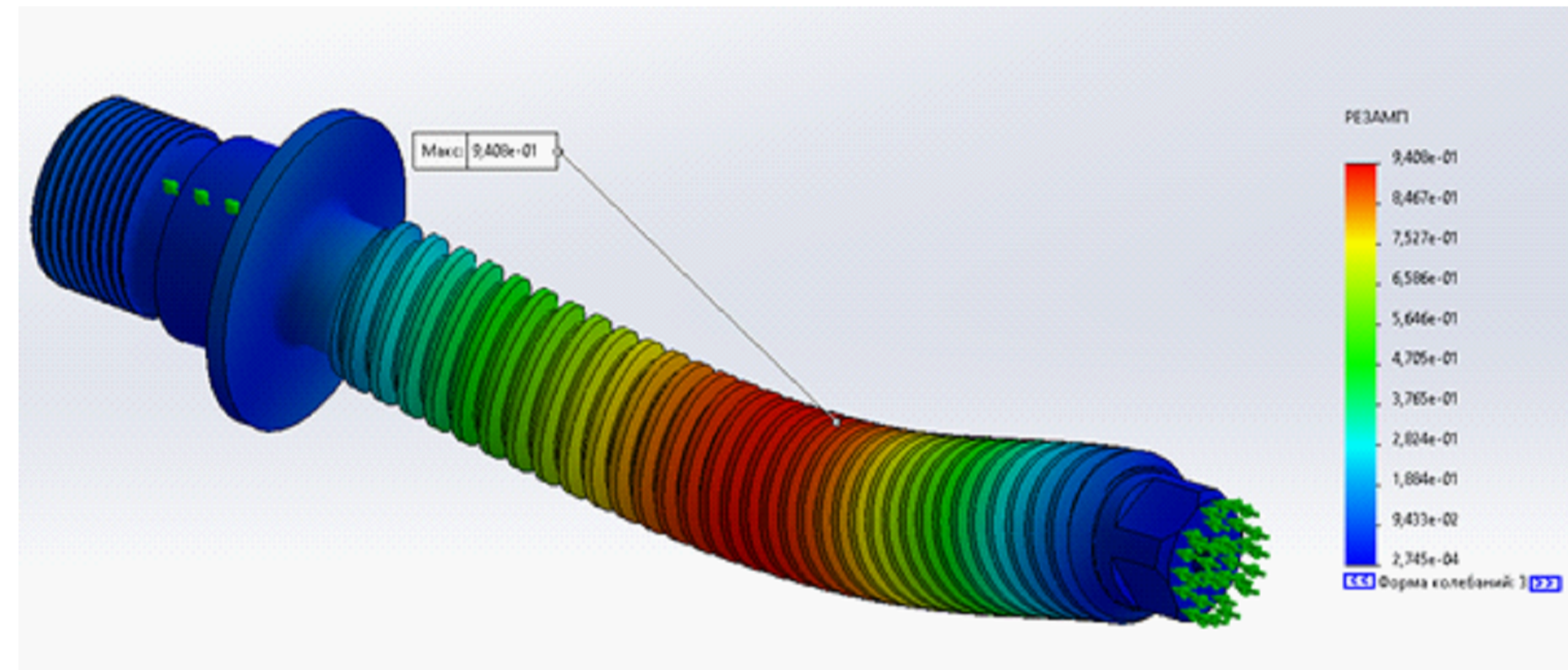
Аналіз лінійних вільних та вимушених гармонічних коливань



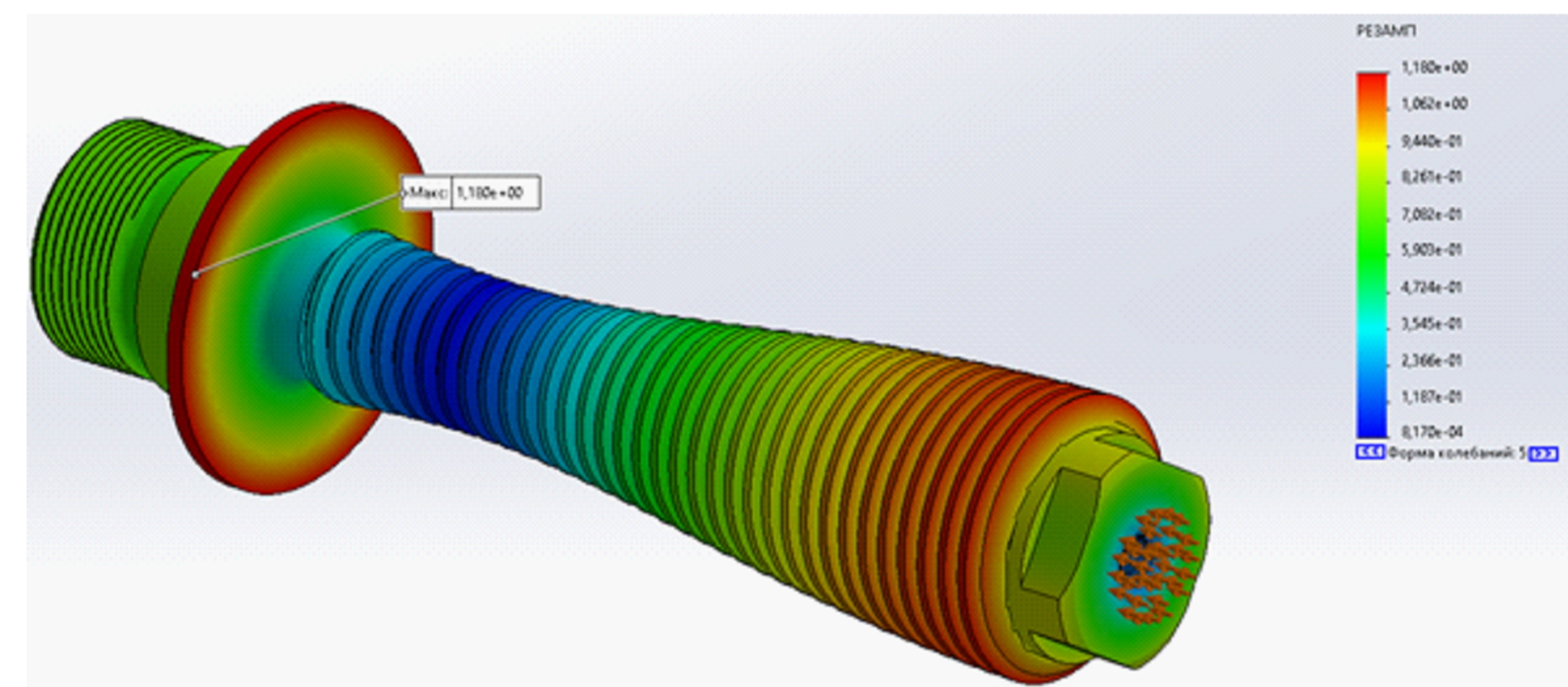
Вхідні дані для дослідження



а

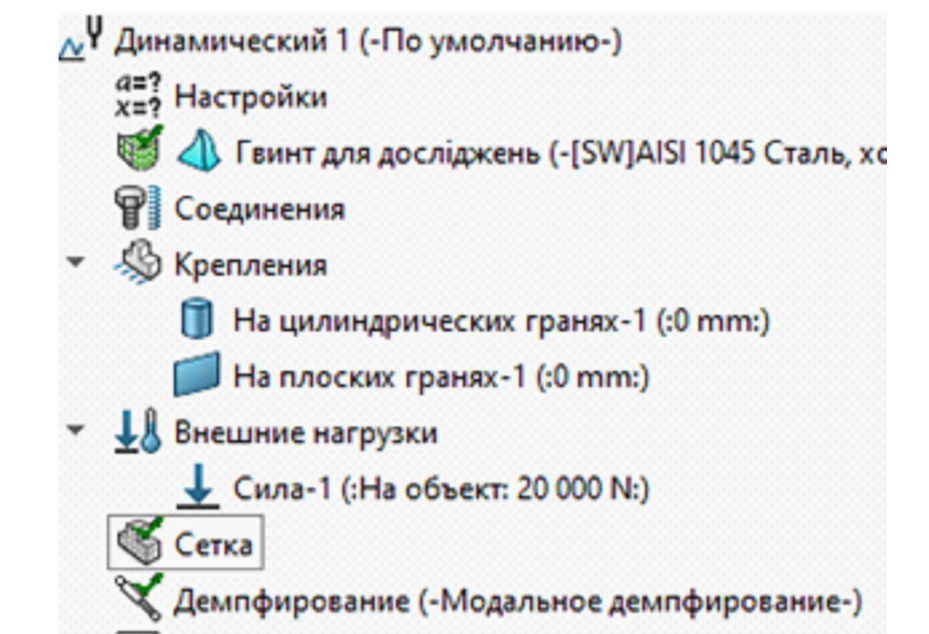


б

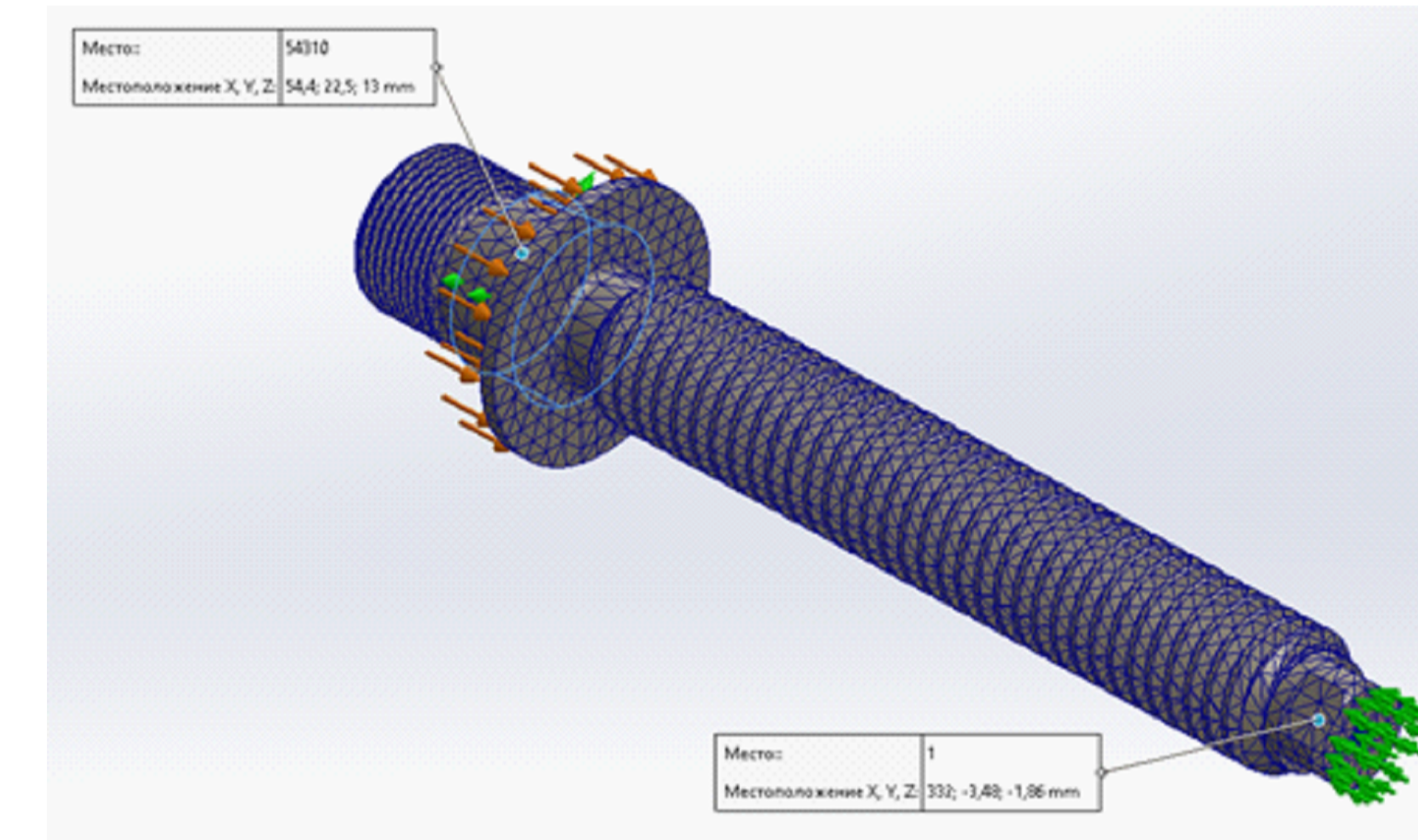


в

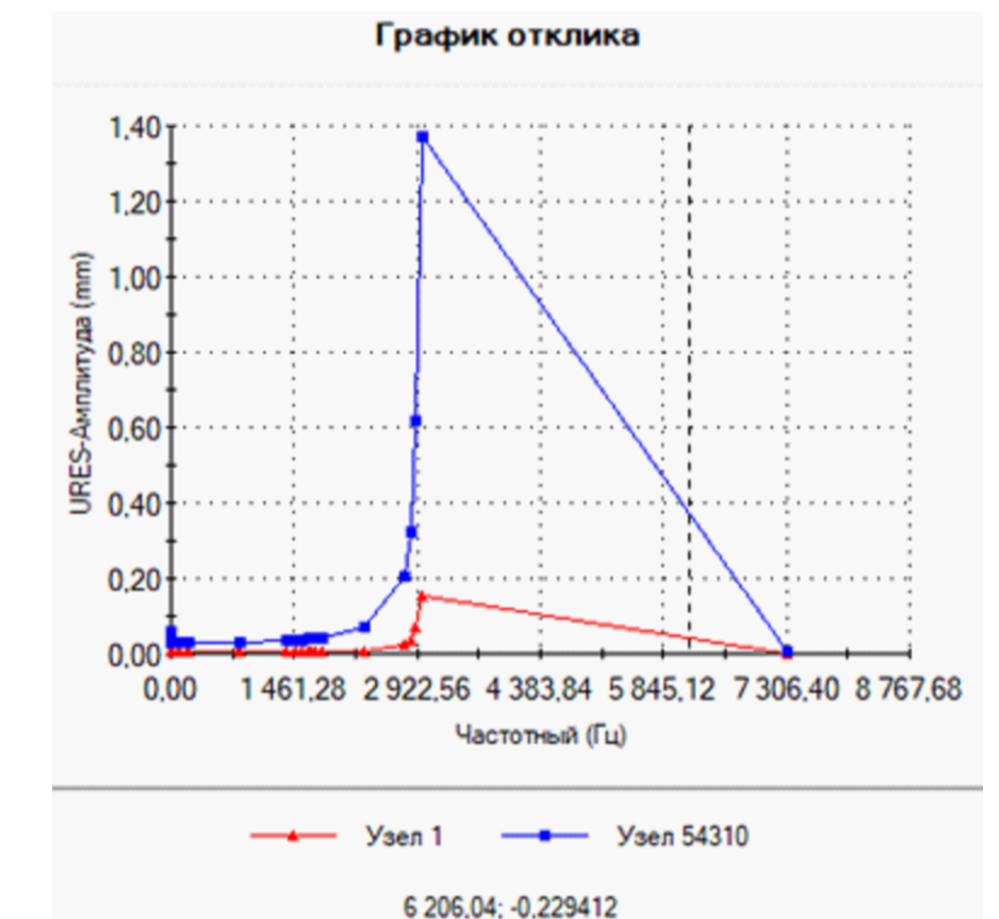
Формы вільних коливань деталі: а- 0,25432Гц, б-1 626Гц, в-3 350,4 Гц



Вхідні дані для дослідження



Обрані вузли для визначення амплітуди деформацій Даної деталі



Амплітуда переміщень в вузлах деталі 1 і 54310



Амплітуда еквівалентних напружень в вузлах деталі 1 і 54310

				MP.PMKM-011.08.00.000				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Обчислення циклічної довговічності деталі гвинт натискний і Аналіз лінійних вільних та вимушених гармонічних коливань деталі	Лит.	Масса	Масштаб
								1:1
Разраб.	Кабан А.В.					Лист 1	Листов 1	
Пров.	Онисько О.Р.					ІФНТУНГ ПМКМ-24-1		
Т. контр.	Онисько О.Р.							
Н. контр.	Онисько О.Р.							
Утв.	Панчук В.Г.							