

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

МР.ПМК_м-001.00.00.000.ПЗ

Група ПМК_м-24-1

Бальошенко Андрій Олегович

2025

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

Бальошенку Андрію Олеговичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Технологічний процес виготовлення деталі «Вал-зірочка ТУМ-150В.14.00.012» для умов середньосерійного типу виробництва

Керівник роботи Лукань Т.В., асистент кафедри КМВ

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

затверджені 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 кресленик деталі «Вал-зірочка ТУМ-150В.14.00.012»; тип виробництва- середньосерійний

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

1. Технологічна частина. 2. Конструкторська частина. 3. Вибір засобів технологічного оснащення. 4. Створення керуючої програми. 5. Параметричне дослідження конструкції деталі

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

1. Креслення деталі валі зірочка – 1 лист А3. 2. Креслення заготовки – 1 лист А3 3.

Креслення пристрою на обробку – 1 лист А1. 4. ЗД модель пристрою на обробку – 1 лист А1.

5. Вибір інструментів – 1 лист А1. 6. Імітація обробки та код програми на операцію 015 та 020– 1 лист А1. 7. Імітація обробки та код програми на операцію 040– 1 лист А1. 8.

Параметричне дослідження конструкції деталі– 1 лист А1. 8. Задача топологічної оптимізації конструкції і 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	Лукань Т.В., асистент кафедри КМВ		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітки
1	Технологічна частина	20.10.2025	
2	Конструкторська частина	05.11.2025	
3	Вибір засобів технологічного оснащення	20.11.2025	
4	Створення керуючої програми	01.12.2025	
5	Параметричне дослідження конструкції деталі	10.12.2025	

Студент _____ Бальошенко А.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Лукань Т.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

“ ___ ” _____ 2025_p.

Анотація

Магістерська робота на тему: «Технологічний процес виготовлення деталі «Вал-зірочка ТУМ-150В.14.00.012» для умов середньосерійного типу виробництва». Дана робота складається з 102 аркушів та додатків. До неї входять 73 рисунки, 18 таблиць. При виконанні роботи було використано 16 бібліографічних найменувань.

Об'єкт дослідження: технологічний процес виготовлення деталі типу «вал-зірочка» у середньосерійному виробництві.

Предмет дослідження: методи та засоби підвищення ефективності обробки і точності виготовлення деталі «Вал-зірочка ТУМ-150В.14.00.012» із застосуванням сучасного верстатного обладнання та систем числового програмного керування.

Мета роботи: розробити раціональний технологічний процес виготовлення деталі «Вал-зірочка ТУМ-150В.14.00.012» для умов середньосерійного виробництва з використанням сучасного обладнання, інструментів і систем автоматизованого програмування, що забезпечують високу точність, продуктивність і економічність обробки.

Методи дослідження: у роботі використано аналітичні та розрахункові методи технологічного проектування, комп'ютерне моделювання процесів механічної обробки, параметричний аналіз і топологічну оптимізацію конструкції деталі.

Практичне значення отриманих результатів: розроблений технологічний процес може бути впроваджений у машинобудівних підприємствах для виготовлення деталей типу «вал-зірочка». Застосування сучасного обладнання з ЧПК та оптимізованих режимів різання забезпечує підвищення точності, зниження трудомісткості та собівартості виробництва.

У технологічній частині виконано аналіз призначення та конструкції деталі, оцінено її технологічність, визначено програму випуску, підібрано раціональні методи обробки поверхонь, вибрано спосіб отримання заготовки.

Проектування технологічного процесу здійснено із застосуванням розрахунково-аналітичного методу визначення припусків і міжопераційних розмірів.

У конструкторській частині спроектовано спеціальний верстатний пристрій для виконання операції 040, розраховано режими різання, сили затиску та параметри пневмоциліндра, визначено коефіцієнт уніфікації.

У розділі вибору технологічного оснащення здійснено підбір сучасного обладнання, інструменту та допоміжних пристроїв. Зокрема, обрано горизонтально-токарний верстат HAAS ST-28L та токарно-фрезерний центр DMG MORI CTX Alpha 500 V6, що забезпечують високоточну обробку поверхонь.

У програмній частині створено керуючі програми для виконання технологічних операцій із використанням системи ЧПК, проведено моделювання процесу обробки у САМ-середовищі.

Проведено параметричне дослідження конструкції деталі, яке включає топологічну оптимізацію та аналіз власних і вимушених коливань, що підтвердило жорсткість і надійність деталі.

Ключові слова: технологічний процес, механічна обробка, режим різання, припуски на механічну обробку, якість поверхні, пристрої, імітація обробки, тривимірний модель, деформація, напруження, коливання.

Студент Бальошенко А.О.

Summary

Master's thesis topic: «Technological Process of Manufacturing the Part «Shaft-Sprocket TUM-150V.14.00.012» for Medium-Scale Production Conditions.»

This master's thesis consists of 102 pages and appendices. It includes 73 figures and 18 tables. A total of 16 bibliographic sources were used in the research.

Object of research: the technological process of manufacturing a «shaft-sprocket» type part in medium-scale production.

Subject of research: methods and means of improving the efficiency and accuracy of machining the part «Shaft-Sprocket TUM-150V.14.00.012» using modern machine tools and computer numerical control (CNC) systems.

Purpose of the study: to develop a rational technological process for manufacturing the part “Shaft-Sprocket TUM-150V.14.00.012” under medium-scale production conditions, using modern equipment, tools, and automated programming systems that ensure high accuracy, productivity, and cost efficiency of machining.

Research methods: analytical and computational methods of technological design, computer modeling of machining processes, parametric analysis, and topological optimization of the part's structure.

Practical significance of the obtained results: the developed technological process can be implemented at machine-building enterprises for the production of «shaft-sprocket» type parts. The use of modern CNC equipment and optimized cutting parameters increases machining accuracy, reduces labor intensity, and lowers production costs.

The technological part of the work includes an analysis of the purpose and design of the part, an assessment of its manufacturability, determination of the production program, selection of rational machining methods for each surface, and justification of the blank production method. The technological process design was carried out using the analytical-calculation method to determine machining allowances and inter-operational dimensions.

In the design section, a special machine fixture was developed for operation 040; cutting parameters, clamping forces, and pneumatic cylinder parameters were calculated, and the unification coefficient was determined.

In the equipment selection section, modern machine tools, cutting tools, and auxiliary devices were selected. In particular, the HAAS ST-28L horizontal turning machine and the DMG MORI CTX Alpha 500 V6 turning-milling center were chosen to ensure high-precision machining.

In the programming section, CNC programs were created for machining operations, and machining simulation was carried out in a CAM environment.

A parametric study of the part's structure was performed, including topological optimization and analysis of natural and forced vibrations, which confirmed the rigidity and reliability of the part.

Keywords: technological process, machining, cutting parameters, machining allowances, surface quality, fixtures, machining simulation, 3D model, deformation, stress, vibration.

Student: A. O. Balioshenko

Зміст

Вступ.....	9
1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	11
1.1 Опис призначення та конструкції деталі	11
1.2 Точність, шорсткість поверхонь і їх взаємне розміщення	13
1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	15
1.4 Визначення програми випуску деталей і кількості деталей в партії.....	18
1.5 Методи обробки кожної поверхні для досягнення заданої точності і шорсткості	20
1.6 Вибір способу отримання заготовки.	22
1.6.1 Заготовка з прокату	22
1.6.2 Штампована поковка на горизонтально-ковальській машині.....	23
1.7 Проектування технологічного процесу виготовлення деталі	28
1.8 Розрахунково-аналітичний метод визначення припусків і міжопераційних розмірів.....	32
2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	37
2.1 Розробка фрезерного пристрою на операцію 040	37
2.1.1 Опис конструкції та принцип роботи пристрою	37
2.1.2 Розрахунок режимів різання	37
2.1.3 Розрахунок сил затиску	40
2.1.4 Розрахунок розмірів пневмоциліндра.	42
2.1.5 Розрахунок коефіцієнта уніфікації	43
3. ВИБІР ЗАСОБІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ	46
3.1 Вибір верстатного обладнання.....	46
3.2 Вибір різального інструменту	52
4. СТВОРЕННЯ КЕРУЮЧОЇ ПРОГРАМИ	66
4.1 Моделювання деталі «Вал-зірочка ТУМ-150В.14.00.012»	66
4.2 Внесення технічних параметрів горизонтального токарного верстата з ЧПК HAAS ST-28L та токарно фрезерного верстата ЧПК DMG MORI CTX Alpha 500 V6-ID17046 в базу даних та формування кошика інструментів операції 030 та 040.....	67
4.3 Створення керуючої програми обробки на операцію 010.....	71
4.4 Створення керуючої програми обробки на операцію 020.....	73
4.5 Внесення технічних параметрів вертикально-фрезерного верстата з ЧПК в базу даних та формування кошика інструментів на операцію 040.	77
4.6 Створення керуючої програми обробки на операцію 040 Установ 1	78
4.7 Створення керуючої програми обробки на операцію 040 Установ 2	81
5. Параметричне дослідження конструкції деталі	84
5.1 Задача топологічної оптимізації конструкції.	94
5.2 Аналіз лінійних вільних та вимушених гармонічних коливань деталі.....	97
Список використаних джерел	102
Додатки.....	105

					MP.ПМКм-001.00.00.000 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Бальошенко			Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Лукань Т.В.					8	102
Рецензент						ІФНТУНГ ПМКм-24-1		
Затверд.		Панчук В.Г.						

Вступ

Сучасний розвиток машинобудування характеризується широким впровадженням високопродуктивних технологій обробки, автоматизацією виробничих процесів, а також застосуванням верстатів із числовим програмним керуванням (ЧПК). Ці тенденції зумовлюють необхідність постійного вдосконалення технологічних процесів виготовлення деталей, підвищення їх точності, надійності та економічності виробництва.

Одним із важливих напрямів підвищення ефективності машинобудівного виробництва є розробка раціональної технології обробки деталей з використанням сучасних методів проектування, моделювання та оптимізації. Застосування систем автоматизованого проектування (CAD/CAM/CAE) дає змогу не лише підвищити якість конструкторських і технологічних рішень, а й значно скоротити терміни розроблення нових виробів.

В умовах зростаючих вимог до точності, надійності та ресурсу машин особливого значення набуває забезпечення стабільної якості деталей типу «вал-зірочка», які широко застосовуються в приводах і передавальних механізмах. Такі деталі працюють під дією змінних навантажень і зусиль кручення, тому до них висуваються високі вимоги щодо міцності, жорсткості, зносостійкості та точності взаємного розташування поверхонь. Навіть незначні відхилення від заданих параметрів можуть спричинити передчасний знос спряжених елементів або зниження ефективності роботи всього механізму.

Удосконалення технології виготовлення деталей типу «вал-зірочка» передбачає не лише вибір оптимальних режимів різання та раціональної послідовності обробки поверхонь, але й впровадження сучасних методів базування, використання високоякісного інструменту та технологічного оснащення. Значну роль у цьому процесі відіграють верстати з ЧПК, які забезпечують стабільність розмірів, скорочення часу переналагодження та високу точність виготовлення.

Важливою складовою сучасного проектування є інтеграція інженерного аналізу в процес створення технології. Параметричне моделювання та топологічна

					МР.ПМКм-001.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

оптимізація конструкцій дозволяють виявляти резерви підвищення міцності, жорсткості та зниження маси деталей без погіршення експлуатаційних характеристик. Це відкриває можливості для вдосконалення конструкцій та підвищення їх ефективності на етапі проектування.

У даній магістерській роботі розглянуто технологічний процес виготовлення деталі «Вал-зірочка ТУМ-150В.14.00.012», проведено аналіз її конструктивних особливостей, визначено вимоги до точності та шорсткості поверхонь, обґрунтовано вибір заготовки та методів механічної обробки. Також розроблено пристрій для закріплення деталі під час обробки, розраховано режими різання, сили затиску, підібрано інструмент та оснащення, створено керуючі програми для верстатів з ЧПК. Окрему увагу приділено параметричному дослідженню й топологічній оптимізації конструкції деталі.

Результати виконаної роботи спрямовані на підвищення точності виготовлення, зниження трудомісткості деталей типу «вал-зірочка», що забезпечує їх конкурентоспроможність і відповідність сучасним вимогам машинобудування.

					<i>МР.ПМКм-001.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		10

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис призначення та конструкції деталі

Згідно креслення вал-зірочка ТУМ-150В.14.00.012 виготовляється із сталі 45-2-6 ДСТУ 7809:2015, для заготовки використовується сортовий сталевий гарячекатаний прокат круглого перерізу ДСТУ 4738-2007 діаметром 95 мм і довжиною $153\text{мм} \pm 1\text{ мм}$.

Вал-зірочка є ведучою деталлю ланцюгової передачі. Вона служить для передавання крутного моменту від приводу до ланцюга, а через нього — до веденого валу або робочого механізму. Крім того, вал забезпечує правильне центрування та співвісність обертання всіх з'єднаних деталей, а також надійне з'єднання з підшипниками й іншими елементами вузла. Термообробка до твердості HRC 28...32.

Для досягнення твердості HRC 28...32 сталь 45 піддають повній термічній обробці, яка включає загартування та відпуск.

Спочатку деталь нагрівають до температури 840–860 °С, при якій сталь переходить у аустенітний стан. Після витримки при цій температурі заготовку швидко охолоджують, зазвичай у воді або машинному маслі. У результаті такого охолодження структура сталі перетворюється на мартенсит, що забезпечує високу твердість, але водночас підвищує крихкість.

Щоб зняти внутрішні напруження та підвищити в'язкість, проводять відпуск при температурі 500–550 °С із подальшим охолодженням на повітрі. Після цієї операції структура сталі набуває вигляду сорбіту відпуску, який поєднує достатню міцність і пластичність.

У результаті такої термообробки отримують деталь із твердістю HRC 28–32, що забезпечує оптимальне співвідношення міцності, зносостійкості та в'язкості, необхідне для деталей типу валів, шестерень і осей, які працюють під динамічними навантаженнями.

Конструктивно передбачене маркування сторони «Передня».

					MP.ПМКм-001.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Деталь являє собою вал із нероз'ємно виконаною зірочкою на одному з кінців. На валу передбачені різьбові отвори М8 для кріплення допоміжних елементів або для фіксації зірочки від осьового зсуву. Також на деталі є шпонкові пази для передачі обертального моменту. Циліндричні посадкові поверхні Ø35, Ø45 і Ø55 призначені для встановлення підшипників або втулок, що забезпечують точне центрування та плавне обертання валу. Поверхня зірочки має вісім зубців, профіль яких відповідає ДСТУ ГОСТ 13568:2006, крок ланцюга — 31,75 мм, діаметр ділильного кола — 82,8 мм. Зубчастий вінець призначений для зчеплення з роликівим ланцюгом відповідного типу (з діаметром ролика 19,05 мм) та передає обертальний момент від валу на ланцюг.

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

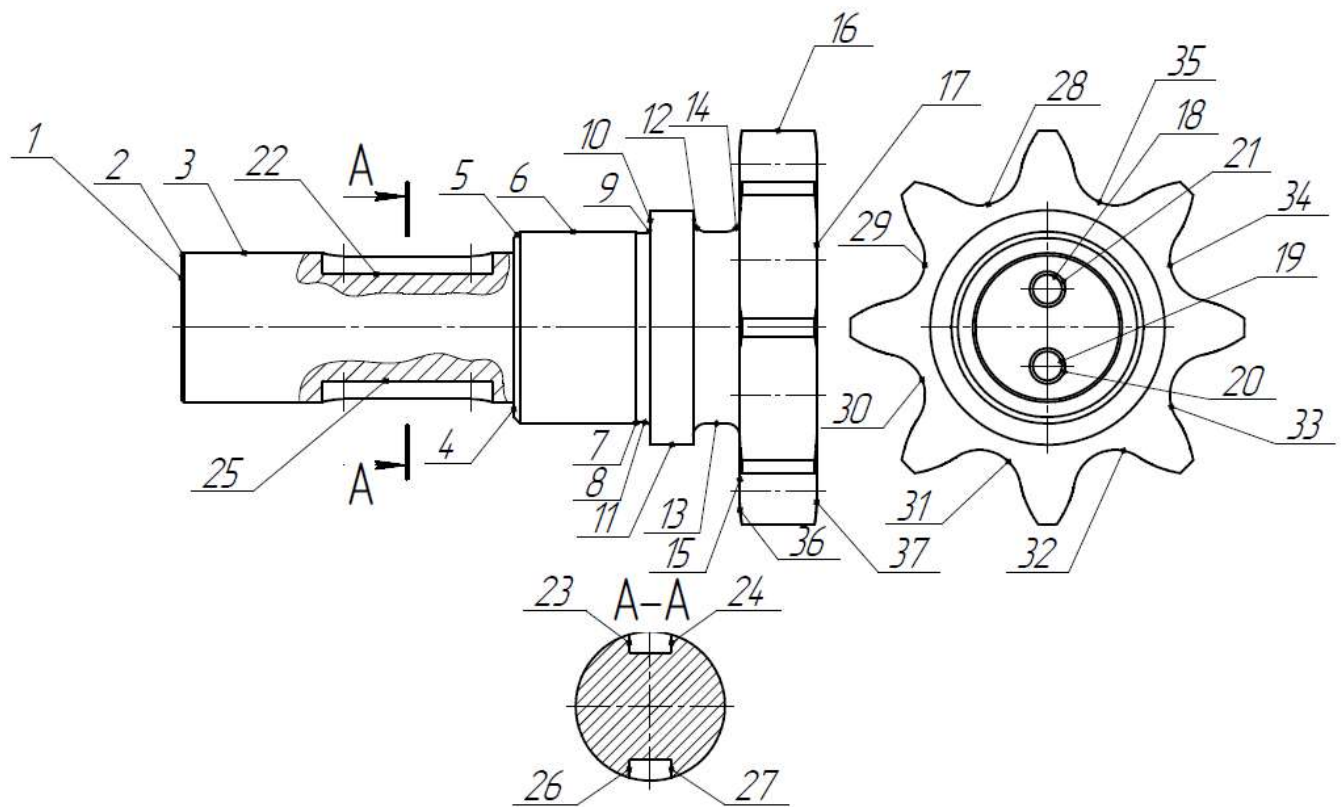


Рисунок 1.1 – Ескіз деталі з нумерацією поверхонь

Таблиця 1.3 Характеристика матеріалу сталь 45 ДСТУ 7809:2015

Марка:	45
Замінник:	40Х, 50, 50Г2
Класифікація:	Сталь конструкційна вуглецева якісна
Застосування:	Для деталей машин, які працюють під навантаженням, зокрема валів, осей, шестерень, шпильок, муфт та інших елементів, що вимагають підвищеної міцності та зносостійкості після термічної обробки.

1.2 Точність, шорсткість поверхонь і їх взаємне розміщення

Деталь "Вал-зірочка ТУМ-150В.14.00.012" має конструкцію тіла обертання, характерною особливістю якого є поступове зростання діаметрів шийок від периферії до центральної частини. Правильний вибір параметрів точності та

					МР.ПМКм-001.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

шорсткості поверхонь є ключовим для визначення оптимальних методів обробки та забезпечення довговічності виробу. У зв'язку з цим необхідно провести їхній детальний аналіз. Всі зібрані дані для полегшення роботи будуть структуровані у таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 - Точність, шорсткість поверхонь і їх взаємне розміщення

№ поверхні	Класифікація поверхні	Розмір та точність поверхні	Точність форми і розміщення	Шорсткість мкм
1,17	Торцеві	149 h14 ($_{-1}$)	Торцеве биття зубчастого вінця ≤ 0.5 мм	Ra 6,3
2	Фаска	0,6x45° h14	Особливих вимог немає	Ra 12,5
3	Зовнішня циліндрична	$\varnothing 35 e9 \begin{pmatrix} -0.050 \\ -0.112 \end{pmatrix}$	Особливих вимог немає	Ra 1,6
4	Торцева	78 js14 ($\pm 0,37$)	Особливих вимог немає	Ra 12,5
5	Фаска	1,5x45° h14	Особливих вимог немає	Ra 12,5
6	Зовнішня циліндрична	$\varnothing 45 e9 \begin{pmatrix} -0.050 \\ -0.112 \end{pmatrix}$	Особливих вимог немає	Ra 1,6
7	Радіус скруглення	R 0,5 h14	Особливих вимог немає	Ra 12,5
8	Зовнішня циліндрична	$\varnothing 44,5 h14_{(-0.62)}$	Особливих вимог немає	Ra 6,3
9	Радіус скруглення	R 1 h14	Особливих вимог немає	Ra 12,5
10	Торцева	32 h14($_{-0.52}$)	Особливих вимог немає	Ra 12,5
11	Зовнішня циліндрична	$\varnothing 55 h14_{(-0.74)}$	Особливих вимог немає	Ra 6,3
12,14	Радіуси скруглення	R3 h14	Особливих вимог немає	Ra 12,5
13	Зовнішня циліндрична	$\varnothing 45 h14_{(-0.62)}$	Особливих вимог немає	Ra 6,3
15	Торець	18 h14($_{-0.43}$)	Особливих вимог немає	Ra 12,5
16	Зовнішня циліндрична	$\varnothing 92,4 h14_{(-0.87)}$	Особливих вимог немає	Ra 6,3
18,19	Отвір	$\varnothing 6,8 H14$	Особливих вимог немає	Ra 12,5

20-21	Різьбова	M8-8H	Особливих вимог немає	Ra 12,5
22,23,24	Шпонковий паз	40 H14 ^(+0,62) 5is14 10f9 ^(-0,013) ^(-0,049)	Особливих вимог немає	Ra 6,3
25,26,27	Шпонковий паз	10f9 ^(-0,013) ^(-0,049) 5is14 40 H14 ^(+0,62)	Особливих вимог немає	Ra 3,2
28-35	Криволінійна	19,05	Радіальне биття кола западин ≤ 0.5 мм	Ra 3,2
36,37	Радіуси скруглення	R 25 h14	Особливих вимог немає	Ra 6,3

1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі

Розгляд технологічних аспектів деталі охоплює чотири ключові характеристики: придатність для створення заготовки, точність, якість поверхні та здатність до механічної обробки. Кожен із цих критеріїв має значущий вплив на вибір найбільш раціонального методу виробництва та подальшого використання деталі.

Аналіз технологічності деталі «за параметром «Можливість виготовлення заготовки».

На кресленні деталі задано, що заготовка є кругом Ø 95 мм звичайної точності В, виготовленою зі сталі 45.

Враховуючи тип виробництва - середньо-серійний та конфігурацію деталі, вважаю доцільним в якості заготовки обрати поковку на горизонтально-кувальній машині, що дозволить збільшити коефіцієнт використання матеріалу, відповідно, зменшити подальшу механічну обробку. Отже, за параметром **«Можливість виготовлення заготовки»** технологічність деталі можна оцінити як задовільну.

Аналіз технологічності конструкції деталі за параметром «Точність».

					MP.ПМКм-001.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Забезпечення технологічності конструкції деталі передбачає вибір оптимального рівня точності поверхонь, що дає змогу досягти раціонального використання ресурсів і відповідності вимогам якості, обсягу виробництва та умов експлуатації.

Оцінювання точності поверхонь здійснюється за допомогою відповідних методів вимірювання й аналізу, при цьому середня точність визначається як середнє арифметичне відхилень результатів вимірювань від установлених стандартів або проектних параметрів. Слід зазначити, що рівень точності безпосередньо впливає як на витрати ресурсів, так і на загальну якість виготовленої деталі.

Таблиця 1.5 – Аналіз точності поверхонь деталі

T_i	n_i	$T_i n_i$
8	2	16
9	4	36
14	31	434
	$\Sigma n_i = 37$	$\Sigma T_i n_i = 486$

Середня точність деталі буде рівною:

$$T_{\text{ср}} = \frac{\Sigma T_i n_i}{\Sigma n_i} = \frac{486}{37} = 13,13$$

На основі оцінки середньої точності поверхні деталі можна зробити висновок, що її рівень точності є невисоким. Це дозволяє застосовувати ефективні методи обробки на верстатах з нормальною точністю, що спрощує виробничий процес і зменшує витрати ресурсів на виготовлення. Оскільки деталь має форму тіла обертання, доцільно використовувати зовнішню циліндричну поверхню як технологічну базу для забезпечення точності діаметральних розмірів. Такий підхід легко реалізується за допомогою трьох кулачкового патрона.

Отже, з позиції забезпечення точності деталей можна вважати технологічною, оскільки правильне базування та врахування технологічних особливостей гарантують ефективність виготовлення і досягнення необхідних параметрів якості.

Коефіцієнт точності обробки

$$K_{тч} = 1 - 1/T_{ср} = 1 - 1/13,13 = 0,922$$

Деталь технологічна по коефіцієнту точності, тому що виконується перевірка $0,92 > 0,8$ ($K_t > 0,8$).

Аналіз технологічності конструкції деталі за параметром «Шорсткість».

Відповідність обраного параметра шорсткості поверхні визначає рівень технологічності конструкції, оскільки впливає на ефективність використання виробничих ресурсів як під час виготовлення, так і протягом подальшої експлуатації виробу.

Далі виконаємо оцінювання шорсткості поверхні, визначивши її середній клас, що дозволить обґрунтувати доцільність прийнятих технологічних рішень.

Таблиця 1.6 – Аналіз шорсткості поверхонь деталі

Ш_i	n_i	$\text{Ш}_i n_i$
Ra (1,6)	2	3,2
Ra (3,2)	12	38,4
Ra (6,3)	10	63
Ra (12,5)	13	162,5
	$\Sigma n_i = 37$	$\Sigma \text{Ш}_i n_i = 267,1$

Середня шорсткість деталі буде рівною:

$$\text{Ш}_{ср} = \frac{\Sigma \text{Ш}_i n_i}{\Sigma n_i} = \frac{267,1}{37} = 7,21 \approx 7 \text{ (Ra 6,3)}.$$

Отже, можна зробити висновок, що середнє значення шорсткості поверхні деталі становить Ra 6,3. Такий рівень шорсткості дає змогу виконувати обробку більшості поверхонь із використанням високопродуктивних методів, забезпечуючи при цьому невеликі витрати ресурсів і достатню якість обробки.

Коефіцієнт шорсткості поверхні

$$K_{ш}=1/Ш_{ср}=1/8,28=0,12$$

Деталь технологічна по коефіцієнту шорсткості, оскільки виконується перевірка $0,12 < 0,32$ ($K_{ш} < 0,32$)

Аналіз технологічності конструкції деталі за параметром «Оброблюваність різанням».

Деталь «вал-шестерня» належить до класу валів і має відносно просту конфігурацію. Матеріалом виготовлення є сталь 45 згідно з ДСТУ 7809:2015, коефіцієнт оброблюваності якої становить 1, що свідчить про відсутність потреби у спеціальних умовах під час механічної обробки. Оскільки співвідношення $L/D < 5$, деталь не потребує використання люнетів чи інших підтримувальних пристроїв. Зменшення діаметрів шийок до країв конструкції полегшує процес обробки. Всі елементи деталі можуть бути оброблені та проконтрольовані за допомогою універсального інструменту.

Канавки, передбачені для виходу шліфувального круга, полегшують проведення шліфувальних операцій. Загалом деталь має достатню жорсткість, що дозволяє виконувати обробку без зниження режимів різання та без застосування спеціальних технологічних заходів.

Аналіз технологічності конструкції деталі за коефіцієнтом уніфікації.

Коефіцієнт уніфікації елементів конструкції деталі визначається за формулою: $K_y = Q_{ye} / Q_e$, де Q_{ye} – кількість уніфікованих елементів в конструкції деталі, Q_e – загальна кількість елементів. $K_y = 9 \setminus 28 = 0,32$

Деталь не технологічна по коефіцієнту уніфікації, оскільки не виконується перевірка $0,32 > 0,6$ ($K_y > 0,6$).

1.4 Визначення програми випуску деталей і кількості деталей в партії

Програма випуску продукції являє собою встановлений для конкретного виробництва асортимент виробів, що виготовляються або підлягають ремонту, із зазначенням обсягів та термінів випуску кожної позиції (відповідно до ДСТУ 3278-95). Обсяг виробництва продукції, згідно з ДСТУ 2960-94, визначається як загальна

					MP.ПМКм-001.00.00.000 ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кількість виробів певного типу, вироблених підприємством за конкретний період, виражена у натуральних або вартісних показниках. Обсяг випуску продукції формується на основі аналізу ринкового попиту, оцінки наявних виробничих потужностей, технічних обмежень та стратегічних пріоритетів підприємства.

Згідно з робочим кресленням, вага деталі дорівнює 2,11 кг.

Згідно завдання на дипломне проектування, тип виробництва задається як середньосерійний.

Орієнтовна річна програма випуску деталей визначається табличним методом:

$N = 1500$ шт. ([2], таблиця 1.1, с.5.)

Кількість деталей в партії розраховується за формулою:

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

де $a = 12$ днів – періодичність запуску виробів на виробництві ;

$F = 261$ – число робочих днів в поточному році.

Отже,

$$n_p = \frac{1500 \cdot 12}{261} = 68,96 \text{ шт.}$$

Приймаємо $n_p = 69$ шт.

					МР.ПМКм-001.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

1.5 Методи обробки кожної поверхні для досягнення заданої точності і шорсткості

Методи механічної обробки кожної поверхні деталі визначено з урахуванням забезпечення необхідної точності розмірів та заданої якості поверхні. Результати аналізу та обґрунтований вибір методів обробки подано в таблиці 1.8.

Таблиця 1.8 - Методи досягнення заданої точності і шорсткості поверхонь деталі

№ поверхні	Класифікація поверхні	Вид обробки	Тип верстату	Шорсткість мкм
1,17	149 h14 ($_{-1}$)	Підрізання торця	Токарний	Ra 6,3
2	0,6x45° h14	Однократне точіння	Токарний	Ra 12,5
3	$\varnothing 35 e9 \begin{pmatrix} -0.050 \\ -0.112 \end{pmatrix}$	Напівчистове точіння Чистове точіння Тонке точіння	Токарний	Ra 1,6
4	78 js14 ($\pm 0,37$)	Однократне точіння	Токарний	Ra 12,5
5	1,5x45° h14	Однократне точіння	Токарний	Ra 12,5
6	$\varnothing 45 e9 \begin{pmatrix} -0.050 \\ -0.112 \end{pmatrix}$	Напівчистове точіння Чистове точіння Тонке точіння	Токарний	Ra 1,6
7	R 0,5 h14	Однократне точіння	Токарний	Ra 12,5
8	$\varnothing 44,5 h14_{(-0.62)}$	Однократне точіння	Токарний	Ra 6,3
9	R 1 h14	Однократне точіння	Токарний	Ra 12,5
10	32 h14($_{-0.52}$)	Однократне точіння	Токарний	Ra 12,5
11	$\varnothing 55 h14_{(-0.74)}$	Однократне точіння	Токарний	Ra 6,3
12,14	R3 h14	Однократне точіння	Токарний	Ra 12,5
13	$\varnothing 45 h14_{(-0.62)}$	Однократне точіння	Токарний	Ra 6,3
15	18 h14($_{-0.43}$)	Однократне точіння	Токарний	Ra 12,5

16	$\varnothing 92,4 h14_{(-0.87)}$	Однократне точіння	Токарний	Ra 6,3
18,19	$\varnothing 6,8 H14$	Свердління	Фрезерний	Ra 12,5
20-21	M8-8H	Нарізання різьби	Фрезерний	Ra 12,5
24,25	40 H14 ^(+0,62) 5is14 10f9 ^(-0,013) _(-0,049)	Чорнове фрезерування Чистове фрезерування	Фрезерний	Ra 6,3
23,24,26,27	10f9 ^(-0,013) _(-0,049) 5is14 40 H14 ^(+0.62)	Чистове фрезерування	Фрезерний	Ra 3,2
28-35	19,05	Чистове фрезерування	Фрезерний	Ra 3,2
36,37	R 25 h14	Однократне точіння	Токарний	Ra 6,3

					MP.ПМКм-001.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

1.6 Вибір способу отримання заготовки.

Відповідно до креслення деталей отримується з сортового гарячекатаного сталевого прокату $\varnothing 95_{-1,3}^{+0,5}$ звичайної точності В1 за ДСТУ 4738:2007.

Сталь 45, з якої виготовляється деталь, має хорошу оброблюваність тиском. Враховуючи тип виробництва – середньосерійний, вважаю доцільним замінити спосіб отримання заготовки на штампування на горизонтально-ковальській машині (ГКМ). Горизонтально-ковальські машини широко застосовуються у серійному та масовому виробництві завдяки високій продуктивності та економічності [3].

Виконаю порівняння обох способів отримання заготовки.

1.6.1 Заготовка з прокату

Вибираю діаметр прокату $d = 95$ мм згідно креслення деталі. Визначаю довжину заготовки з урахуванням припусків на підрізку торця

$$L = 149 + 2 \cdot 2 = 153 \pm 1 \text{ мм,}$$

де припуск на сторону при відрізанні з прокату складає від 2 до 5 мм. Вибираю відрізання дисковими пилами. Припуск на сторону приймаю 2 мм. Точність відрізання ± 1 мм.

Визначаю об'єм та масу заготовки

$$V = \pi r^2 L = 3.14 \cdot 47,5^2 \cdot 153 = 1083 \text{ мм}^3$$

$$m = V \rho = 7.8 \cdot 10,83 = 8513 \text{ г} = 8,5 \text{ кг}$$

Коефіцієнт використання матеріалу визначається за співвідношенням маси деталі та маси заготовки. Маса деталі за кресленням складає 2,11 кг.

$$k = \frac{m_{\text{дет}}}{m_{\text{заг}}} = \frac{2,11}{8,5} = 0.24$$

Вибираю заготовку прокат $d = \varnothing 95_{-1,3}^{+0,5}$ мм за ДСТУ 4738:2007.

					MP.ПМКм-001.00.00.000 ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

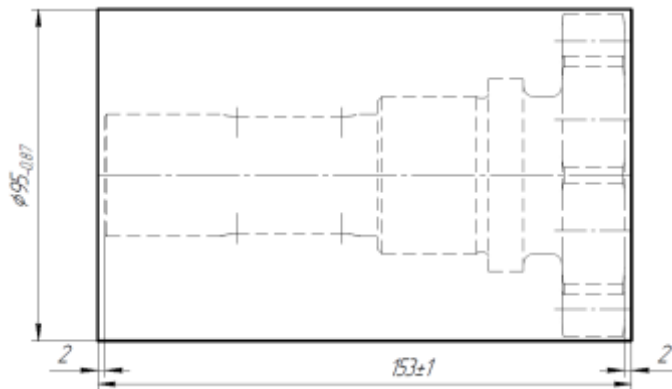


Рисунок 1.2 – Ескіз заготовки з прокату

1.6.2 Штампована поковка на горизонтально-ковальській машині

Для визначення припусків на обробку необхідно спочатку визначити вихідний індекс, який є комплексним показником, що враховує характеристики виробу.

Вибираю клас точності поковки – Т4, (табл. 3.4, с.22, [4]).

Визначаю орієнтовну величину розрахункової маси поковки

$$M_p = M_d \cdot K_p,$$

де $M_d=2,11$ кг - маса деталі,

K_p - розрахунковий коефіцієнт, що вибирається таблицею 3.4., [4],

$K_p=1,5$ для групи 2.2

$$M_p=2,11 \cdot 1,5=3,165 \text{ кг}$$

Визначаю групу сталі – М2, для сталі 45 з вмістом вуглецю 0,35-0,65% (табл. 3.2, с.22, [4]).

Ступінь складності поковки визначається за формулою:

$$C = \frac{M_p}{M_\phi} = \frac{V_p}{V_\phi},$$

де M_p – маса (об'єм) поковки; M_ϕ – маса (об'єм) геометричної фігури мінімального об'єму, в яку вписується поковка.

При визначенні розмірів геометричної фігури, що описує поковку, допускається виходити зі збільшення в 1,05 разів габаритних лінійних розмірів деталі.

Визначаю масу геометричної фігури, в яку вписана деталь - циліндра

					МР.ПМКм-001.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

$$M_{\phi} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot l \cdot \rho,$$

$$D = 92,4 \cdot 1,05 = 97,02 \text{ мм},$$

$$l = 149 \cdot 1,05 = 156,45 \text{ мм},$$

$\rho = 7,85 \text{ кг/мм}^3$ - густина сталі

$$M_{\phi} = \frac{3,1415 \cdot 97,02^2}{4} \cdot 156,45 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} = 9,08 \text{ кг}.$$

$$C = \frac{M_p}{M_{\phi}} = \frac{3,165}{9,08} = 0,34$$

Тоді ступінь складності – С2 (табл. 3.5, с.35, [4]).

Вихідний індекс буде 12 (стор. 35,[4])

Для призначення припусків користуюся програмним рішенням Prupusk22.xls.

Заповнюю форму та ввожу всі визначені параметри.

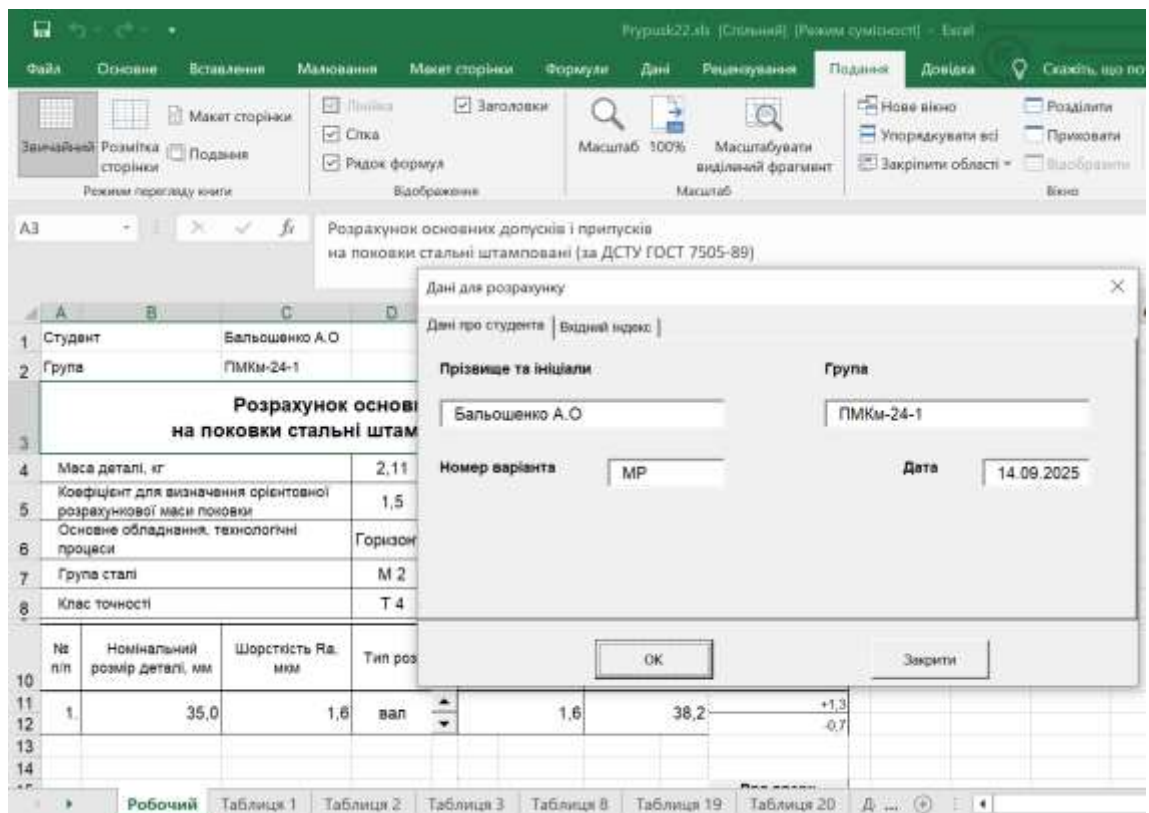


Рис. 1.3- Заповнення форми

Вказую розмір, зазначаю шорсткість та тип поверхні, програма визначає припуск, допуск та кінцевий розмір.

1	Студент	Бальошенко А.О			Варіант	MP	
2	Група	ПМКм-24-1			Дата	14.09.2025	
Розрахунок основних допусків і припусків на поковки сталі штамповані (за ДСТУ ГОСТ 7505-89)							
4	Маса деталі, кг		2,11	Маса поковки, кг		3,165	
5	Коефіцієнт для визначення орієнтовної розрахункової маси поковки		1,5	Маса описаної фігури, кг		9,08	
6	Основне обладнання, технологічні процеси			Горизонтально-кувальні машини			
7	Група сталі		М 2	Ступінь складності		С 2	
8	Клас точності		Т 4	Індекс поковки		12	
10	№ п/п	Номинальний розмір деталі, мм	Шорсткість Ra, мкм	Тип розміру	Припуск на сторону, мм	Номинальний розмір поковки, мм	Допуск, мм
11	1.	35,0	1,6	вал	1,6	38,2	+1,3
12							-0,7
13							
14							

Рис 1.4- Визначення припусків на розмір Ø 35

1	Студент	Бальошенко А.О			Варіант	MP	Нова форма
2	Група	ПМКм-24-1			Дата	14.09.2025	Редагувати
Розрахунок основних допусків і припусків на поковки сталі штамповані (за ДСТУ ГОСТ 7505-89)							
4	Маса деталі, кг		2,11	Маса поковки, кг		3,165	
5	Коефіцієнт для визначення орієнтовної розрахункової маси поковки		1,5	Маса описаної фігури, кг		9,08	
6	Основне обладнання, технологічні процеси			Горизонтально-кувальні машини			
7	Група сталі		М 2	Ступінь складності		С 2	
8	Клас точності		Т 4	Індекс поковки		12	
10	№ п/п	Номинальний розмір деталі, мм	Шорсткість Ra, мкм	Тип розміру	Припуск на сторону, мм	Номинальний розмір поковки, мм	Допуск, мм
11	1.	55,0	12,5	вал	1,4	57,8	+1,4
12							-0,8
13							
14							

Рис 1.-5 Визначення припусків на розмір Ø 55

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP.ПМКм-001.00.00.000 ПЗ

Арк.

25

1	Студент	Бальошенко А.О		Варіант	МР		Нова форма
2	Група	ПМКМ-24-1		Дата	14.09.2025		Редагуванн
Розрахунок основних допусків і припусків на поковки сталені штамповані (за ДСТУ ГОСТ 7505-89)							
4	Маса деталі, кг	2,11	Маса поковки, кг	3,165			
5	Коефіцієнт для визначення орієнтовної розрахункової маси поковки	1,5	Маса описаної фігури, кг	9,08			
6	Основне обладнання, технологічні процеси	Горизонтально-кувальні машини					
7	Група сталі	М 2	Ступінь складності	С 2			
8	Клас точності	Т 4	Індекс поковки	12			
10	№ п/п	Номінальний розмір деталі, мм	Шорсткість Ra, мкм	Тип розміру	Припуск на сторону, мм	Номінальний розмір поковки, мм	Допуск, мм
11	1.	92,4	6,3	вал	1,7	95,8	+1,4
12							-0,8
13							
14							

Рис 1.6 Визначення припусків на розмір $\varnothing 92,4$

Аналогічно визначаю припуски на лінійні розміри, враховуючи односторонні припуски.

Додаткові припуски: зміщення по поверхні рознімання штампу 0,3 мм, вигнутість та відхилення від площинності та прямолінійності 0,4 мм вибираю за табл.3.9 та 3.10 ([4]).

Заношу визначені розміри в таблицю 1.9.

Таблиця 1.9 Визначення припусків, допусків та кінцевих розмірів заготовки

Розмір, мм	Шорсткість Ra, мкм	Припуск на сторону, мм	Додатковий припуск на сторону мм	Допуск, мм		Прийнятий розмір, мм
$\varnothing 35$	1,6	1,6	0,3	+1,3	-0,7	$\varnothing 38,8^{+1,3}_{-0,7}$
$\varnothing 55$	12,5	1,4	0,3	+1,4	-0,8	$\varnothing 58,4^{+1,4}_{-0,8}$
$\varnothing 92,4$	6,3	1,7		+1,4	-0,8	$\varnothing 95,8^{+1,4}_{-0,8}$
149 справа	6,3	1,8	0,4	+1,6	-0,9	$153,1^{+1,6}_{-0,9}$
149 зліва	12,5	1,5		+1,6	-0,9	
18	12,5	1,3		+1,3	-0,7	$21,5^{+1,3}_{-0,7}$
53	12,5	1,4	0,4	+1,4	-0,8	$53,5^{+1,4}_{-0,8}$

Технічні вимоги на виготовлення штампованої поковки:

Штампувальні ухили 5° (ст 39, т. 3.11, [4]);

Радіуси заокруглення $R=2\text{мм}$ (с.39, т.3.10, [4]);

Допустима величина зміщення по поверхні рознімання штампу $0,6\text{ мм}$ (ст 40, т.3.12, [4]);

Допустима величина остаточного облою $0,8\text{ мм}$ (ст 40, т.3.13, [4]);

Граничні відхилення по вигнутості, від площинності та прямолінійності $0,8\text{ мм}$ (ст. 41, т.3.14, [4]);

Виконую креслення заготовки та визначаю її масу

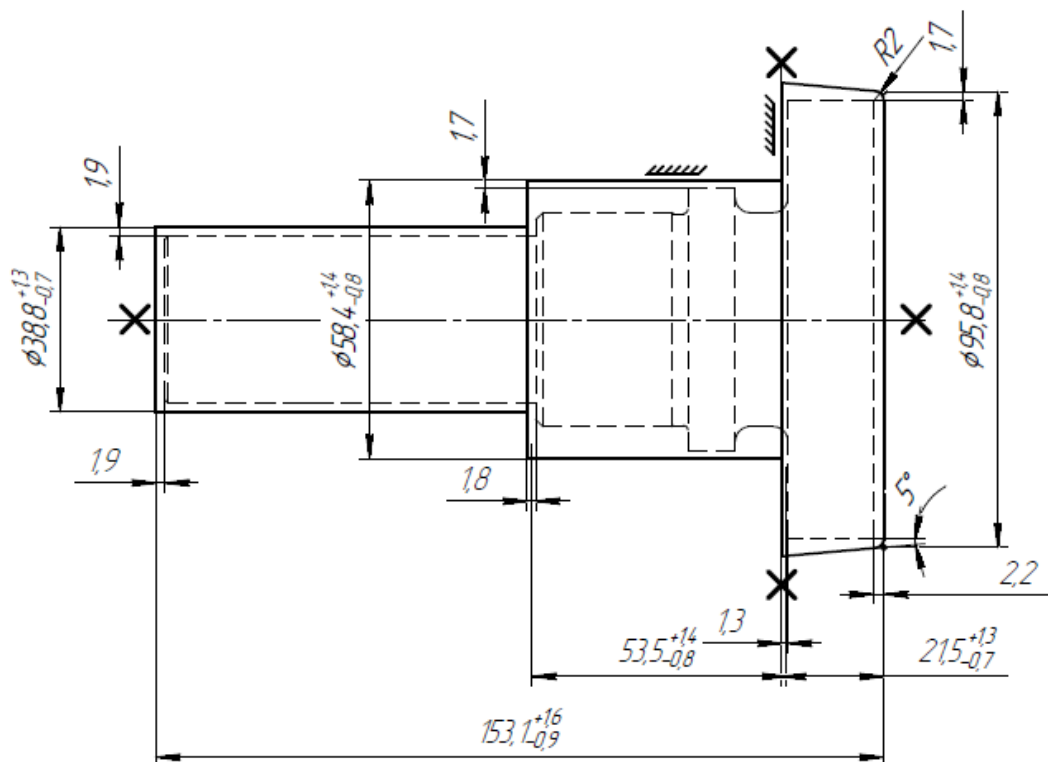


Рисунок 1.7 – Ескіз штампованої заготовки

Коефіцієнт використання матеріалу буде

$$k = \frac{m_{\text{дет}}}{m_{\text{заг}}} = \frac{2,11}{3,115} = 0.67$$

Отже, враховуючи тип виробництва – середньосерійний та порівнюючи коефіцієнти використання матеріалу $k=0,24$ для заготовки з прокату та $k=0,67$ для штампованої поковки, роблю висновок, що з метою скорочення об'єму подальшої механічної обробки доцільно обрати спосіб отримання заготовки штампуванням на ГКМ.

					MP.ПМКм-001.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

1.7 Проектування технологічного процесу виготовлення деталі

Деталь виготовляється з використанням керуючих програм (КП), коректність яких перевіряється в модулі імітаційного моделювання. Конструкція деталі містить кілька уступів, що обробляються за одну установку. Для складання технологічного процесу, а також вибору верстатів, інструментів і пристроїв, керуємося рекомендаціями виробників обладнання та інструменту, зокрема Sandvik Coromant, HAAS, DMG MORI, Schunk, а також чинними нормативними документами та стандартами (ДСТУ, ISO) [5]-[11]. Послідовність виконання операцій подано в таблиці 1.10.

Таблиця 1.10 с

№ оп	Назва та зміст операції	Верстат, пристрій	Схема закріплення
1	2	3	4
010	Горизонтально-токарна з ЧПК 1.Точити торець 17 однократно 2.Точити поверхню 16 однократно	Горизонтальний токарний верстат з ЧПК HAAS ST-28L 3-кулачковий патрон Schunk 400 Державка різця DCLNR 2525M 19 Ріжуча пластинка CNMG 19 06 08-PR 4425	Рис.1.7
020	Токарно-фрезерна з ЧПК 1.Підрізати торець 1 в розмір 149 мм. 2.Однократно точити поверхні 4, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15. 3.Напівчисто точити поверхні 3, 6 4.Начисто точити поверхні 3, 6. 5.Тонко точити поверхні 3,6. 6.Однократно точити фаски 2,5 7.Свердлити 2 отв. 18,1 9 8.Зенкувати фаску в отворах 18, 19. 9.Нарізати різьбу 20, 21	Токарно-фрезерний верстат з ЧПК DMG MORI CTX Alpha 500 V6-ID17046 3-х кулачковий патрон Schunk 400 Державка різця DSSNR 2525M 15 Ріжуча пластинка SNMG 15 06 16-PM 4425 Державка різця CP-25BR-2525-12 Ріжуча пластинка CP-B1208D-M7 4425 Державка різця QS-RF123M32C2525E Ріжуча пластинка N123M1-1100-0008-GM 4325 Свердло 860.1-0680-024A1-PM P1BM	Рис. 1.8

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP.ПМКм-001.00.00.000 ПЗ

Арк.

28

		Мітчик Т300-ХМ100DA-M8 B125 Зенківка 1C050-0300-045-ХВ 1620	
030	Горизонтально-токарна з ЧПК 1.Точити поверхню 36 2.Точити поверхню 37	Горизонтальний токарний верстат з ЧПК HAAS ST-28L 3-кулачковий патрон Schunk 400 Державка різця CP-25BR-2525-12 Ріжуча пластинка CP-B1208D-M7 4425 Державка різця CP-25BL-2525-12 Ріжуча пластинка CP-B1208D-M7 4425	Рис.1.9
040	Вертикально-фрезерна з ЧПК 1.Фрезерувати поверхні шпонкового паза 22, 23, 24 Перевстановити деталь 2. Фрезерувати поверхні шпонкового паза 25, 26, 27	Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК HAAS MINI MILL Фреза кінцева RA216.24-2450AAK12P 1630 Пристрій фрезерний	Рис.1.10
050	Вертикально-фрезерна з ЧПК з ЧПК 1.Фрезерувати поверхні зубчастого вінця 28-35.	Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК HAAS MINI MILL трьохкулачковий патрон Фреза черв'ячна Т 31,75 д19,05 ДСТУ 15127:2006	Рис.1.11
060	Слюсарна 1. Зачистити заусенці	Стіл ВТК	-
070	Термічна	Піч СНО – 6.12.5/12,5	-

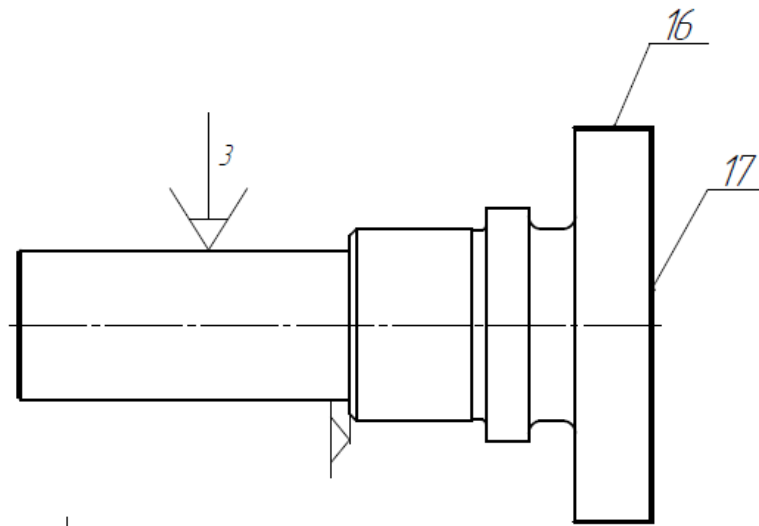


Рис 1.7-Схема закріплення на операцію 010

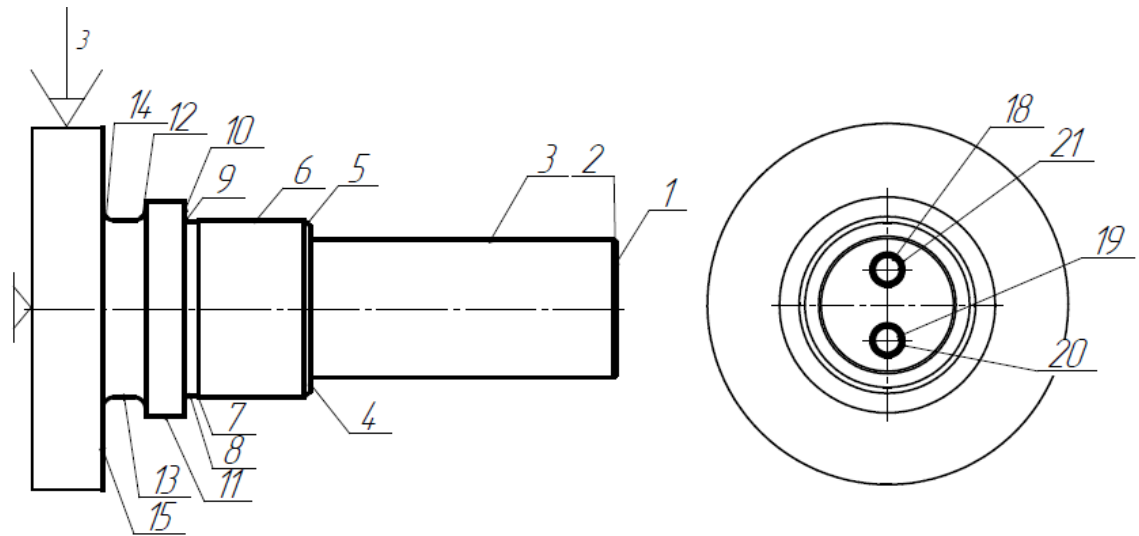


Рис 1.8-Схема закріплення на операцію 020

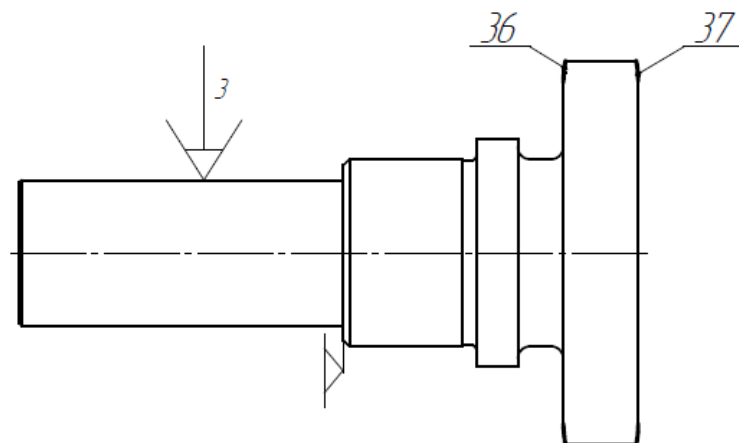


Рис 1.9-Схема закріплення на операцію 030

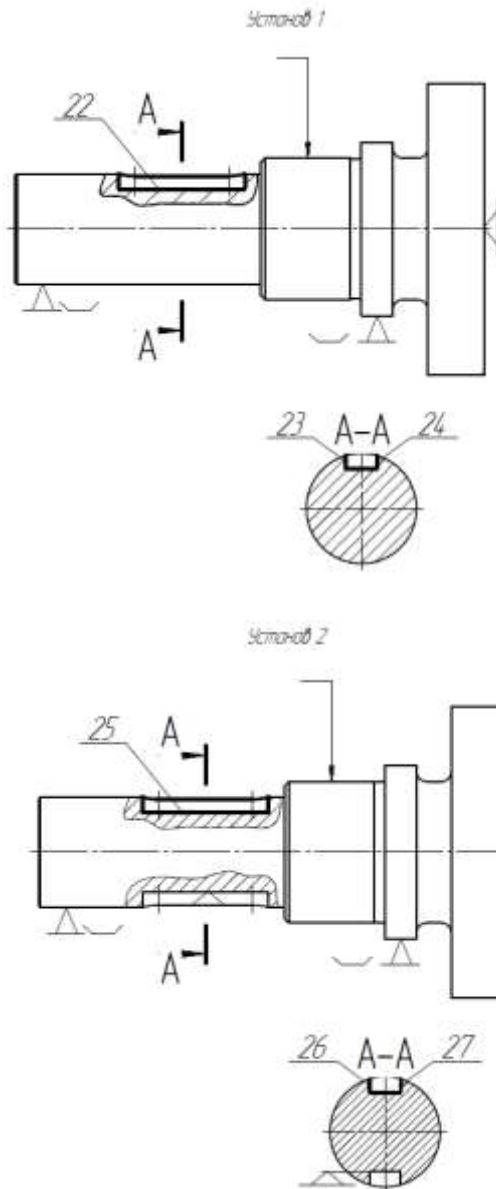


Рис 1.10-Схема закріплення на операції 040

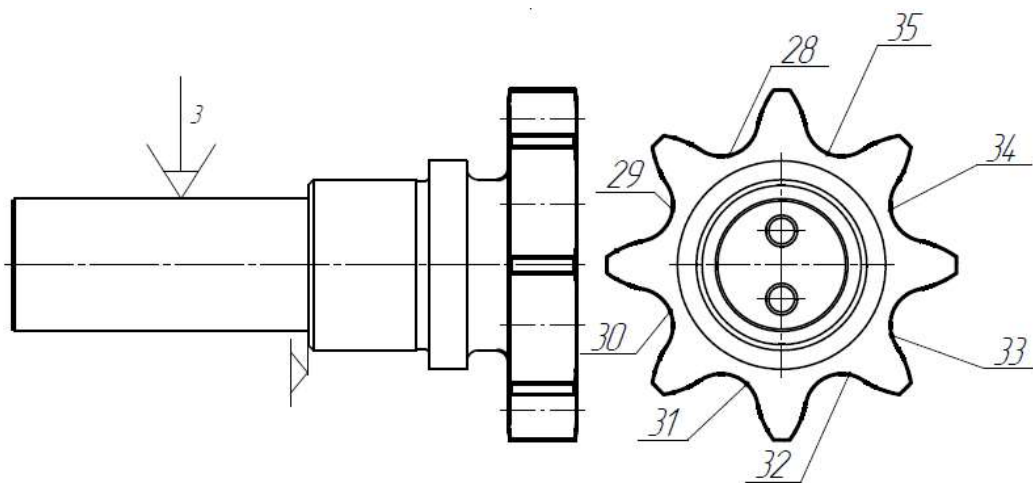


Рис 1.11-Схема закріплення на операцію 050

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР.ПМКм-001.00.00.000 ПЗ

Арк.

31

1.8 Розрахунково-аналітичний метод визначення припусків і міжопераційних розмірів

Деталь – Вал-зірочка ТУМ-150В.14.00.012. Маса деталі $m = 2,11$ кг.

Спосіб отримання заготовки- штампування на ГKM.

Розрахунок припусків на обробку зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 35 e9 \begin{pmatrix} -0.050 \\ -0.112 \end{pmatrix}$.

Таблиця 1.11 – Розрахунок припусків і граничних розмірів по технологічних переходах на обробку зовнішньої поверхні отвору $\varnothing 35 e9 \begin{pmatrix} -0.050 \\ -0.112 \end{pmatrix}$

Технологічні переходи	Елементи припуску, мкм				$2Z_{min}$, мкм	Розрахунковий розмір, d_{min} , мм	Точність (квалітет)	Допуск T, мкм	Граничний розмір, мм		Граничні значення припусків, мкм	
	R_z	h	ρ	ε					d_{min}	d_{max}	$2Z_{min}$	$2Z_{max}$
Заготовка	150	200	614	–	–	37,692	15	1000	37,7	38,7	–	–
Напівчистове точіння	50	50	31	440	2211	35,481	12	250	35,48	35,73	2210	2960
Чистове точіння	25	25	25	90	390	35,091	10	100	35,09	35,19	390	540
Тонке точіння	5	5	12	45	203	34,888	9	62	34,888	34,95	203	241
Загальний припуск											2803	3741

Мінімальний припуск при обробці зовнішніх поверхонь обертання визначаємо за формулою [10]:

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

де $R_{z_{i-1}}$ – висота мікронерівностей на попередньому переході;

h_{i-1} – висота дефектного шару на попередньому переході;

ρ_{i-1} – сумарне значення просторових відхилень взаємозв'язаних поверхонь;

ε_i – похибка установки при виконанні обробки.

Визначаємо сумарне значення R_z і h .

– Для заготовки $R_z = 150$ мкм, $h = 200$ мкм.

– Для напівчистового точіння $R_z = 50$ мкм, $h = 50$ мкм.

– Для чистового точіння $R_z = 25$ мкм, $h = 25$ мкм.

					MP.ПМКм-001.00.00.000 ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– Для тонкого точіння $R_z = 5$ мкм, $h = 5$ мкм

Вибрані значення заносимо в таблицю 1.11.

Сумарні значення просторових відхилень визначаємо за формулою (для стрижневих деталей при консольному закріпленні) :

$$\rho = \sqrt{\rho_K^2 + \rho_{CM}^2},$$

де: $\Delta\rho_K = 1,0$ мкм/мм. – питома кривизна заготовки на 1мм довжини.

$l = 131$ мм.– виліт деталі з пристрою;

$$\rho_K = 1,0 * 131 = 131 \text{ мкм}$$

$$\rho_{CM} = 600 \text{ мкм}$$

Отже, сумарне значення просторових відхилень заготовки становить:

$$\rho = \sqrt{131^2 + 600^2} = 614,$$

Для знаходження сумарного відхилення значення просторових відхилень на технологічних переходах використовуємо формулу:

$$\rho_{ост} = \rho_{заг} * k_y,$$

де k_y - коефіцієнт уточнення. Для напівчистої обробки $k_y=0.05$, для чистої $k_y=0,04$, для тонкого точіння $k_y=0,02$. тоді

– Напівчистове точіння: $\rho_{нчт} = 614 * 0.05 = 30.7$ мкм

– Чистове точіння: $\rho_{чт} = 614 * 0.04 = 24.6$ мкм

– Тонке точіння: $\rho_{тт} = 614 * 0.02 = 12.3$ мкм

Дані розрахунку заносимо в таблицю.

Похибка установки заготовки при закріпленні в трьохкулачковому патроні з пневмозатиском становить: $\varepsilon_{нчт} = 440$ мкм. Похибка установки при подальших переходах рівна: $\varepsilon_{чт} = 90$ мкм, $\varepsilon_{тт} = 45$ мкм.

Визначаємо мінімальні припуски для всіх технологічних переходів

– Напівчистове точіння: $2Z_{min_{нчт}} = 2 \cdot (150 + 200 + \sqrt{614^2 + 440^2}) = 2211$ мкм.

– Чистове точіння: $2Z_{min_{чт}} = 2 \cdot (50 + 50 + \sqrt{31^2 + 90^2}) = 390$ мкм.

– Тонке точіння: $2Z_{min_{тт}} = 2 \cdot (25 + 25 + \sqrt{25^2 + 45^2}) = 203$ мкм.

					МР.ПМКм-001.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Визначаємо допуски на технологічні переходи. Для заготовки, напівчистового та чистового точіння призначаємо квалітети та вибираємо допуски згідно рекомендацій: по 15, 12 і 10-му квалітету точності відповідно. Для тонкого точіння- допуск згідно креслення деталі.

Визначаємо мінімальні і максимальні граничні розміри на кожному переході. Найменші значення (d_{min}) отримуються по розрахункових величинах, округлених до точності допуску на відповідному переході. Таким чином отримаємо:

– для чистового точіння: $d_{min_{\text{чт}}} = d_{min_{\text{тт}}} + 2Z_{min_{\text{тт}}} = 34,888 + 0,203 = 35,091\text{мм};$

– для напівчистового точіння: $d_{min_{\text{нчт}}} = d_{min_{\text{чт}}} + 2Z_{min_{\text{чт}}} = 35,091 + 0,39 = 35,481\text{мм};$

– для заготовки: $d_{min_z} = d_{min_{\text{нчт}}} + 2Z_{min_{\text{нчт}}} = 35,481 + 2,211 = 37,692\text{мм};$

Визначаємо максимальні граничні розміри на кожному переході за формулою:

$$d_{max_i} = d_{min_i} + Td_i$$

– для заготовки:

$$d_{max_z} = d_{min_z} + Td_z = 37,7 + 1,0 = 38,7 \text{ мм}$$

– для напівчистового точіння:

$$d_{max_{\text{нчт}}} = d_{min_{\text{нчт}}} + Td_{\text{нчт}} = 35,48 + 0,25 = 35,73 \text{ мм}$$

– для чистового точіння:

$$d_{max_{\text{чт}}} = d_{min_{\text{чт}}} + Td_{\text{чт}} = 35,09 + 0,1 = 35,19 \text{ мм}$$

Максимальний припуск $2Z_{imax}$ визначаємо за формулою:

$$2Z_{max_i} = 2Z_{min_{i-1}} + Td_{i-1} - Td_i,$$

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

Td_i – допуск на розмір на виконуваному переході

– для напівчистового точіння:

$$2Z_{max_{\text{нчт}}} = 2210 + 1000 - 250 = 2960 \text{ мкм}$$

– для напівчистового точіння:

$$2Z_{max_{\text{чт}}} = 390 + 250 - 100 = 540 \text{ мкм}$$

– для тонкого точіння:

					МР.ПМКм-001.00.00.000 ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$2Z_{\max TT} = 203 + 100 - 62 = 241 \text{ мкм}$$

На основі даних розрахунку будуємо схему графічного розташування припусків і допусків для обробки зовнішньої поверхні $\varnothing 35 e9 \begin{pmatrix} -0.050 \\ -0.112 \end{pmatrix}$.

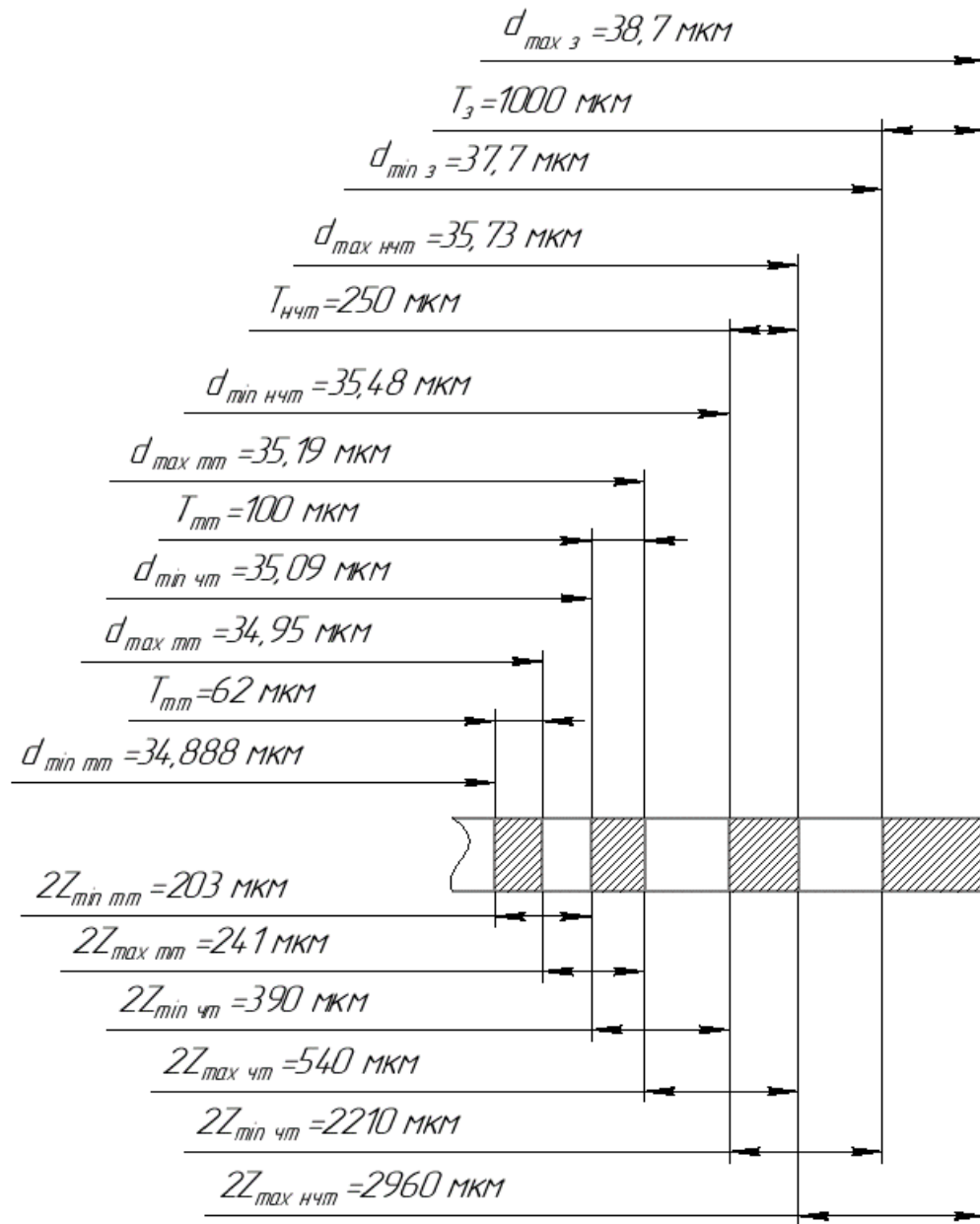


Рисунок 1.11 – Схема графічного розташування припусків і допусків для обробки зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 35 e9 \begin{pmatrix} -0.050 \\ -0.112 \end{pmatrix}$.

Загальні припуски $2Z_{\Sigma \min}$ і $2Z_{\Sigma \max}$ визначаємо як суму проміжних припусків і їх значення записуємо внизу відповідних граф.

Проводимо перевірку правильності виконаних розрахунків

$$\left. \begin{aligned} 2Z_{max_{HCT}} - 2Z_{min_{HCT}} &= 2960 - 2210 = 750 \text{ мкм} \\ Td_3 - Td_{HCT} &= 1000 - 250 = 750 \text{ мкм} \end{aligned} \right\} \text{ перевірка зійшлася}$$

$$\left. \begin{aligned} 2Z_{max_{CT}} - 2Z_{min_{CT}} &= 540 - 390 = 150 \text{ мкм} \\ Td_{HCT} - Td_{CT} &= 250 - 100 = 150 \text{ мкм} \end{aligned} \right\} \text{ перевірка зійшлася}$$

$$\left. \begin{aligned} 2Z_{max_{TT}} - 2Z_{min_{TT}} &= 243 - 203 = 38 \text{ мкм} \\ Td_{CT} - Td_{TT} &= 100 - 62 = 38 \text{ мкм} \end{aligned} \right\} \text{ перевірка зійшлася}$$

$$\left. \begin{aligned} Td_3 - Td_{TT} &= 1000 - 62 = 938 \text{ мкм} \\ 2Z_{\Sigma max} - 2Z_{\Sigma min} &= 3741 - 2803 = 938 \text{ мкм} \end{aligned} \right\} \text{ перевірка зійшлася}$$

					MP.ПМКм-001.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Розробка фрезерного пристрою на операцію 040

2.1.1 Опис конструкції та принцип роботи пристрою

Даний пристрій призначений для обробки даної деталі на операції 40. Він призначений для встановлення та закріплення деталі на вертикально-фрезерній операції для фрезерування двох шпонкових пазів.

Креслення пристрою показано на листі 3. Він складається з плити 2, на якій закріплені дві шпонки 3, а також пневмоциліндр односторонньої дії 1. Деталь встановлюється на дві призми 25, які монтуються на опорні підставки 9,10 та закріплюються гвинтами 18. До плити 2 кріпиться напрямна рейка 15, по якій переміщується каретка 16. На каретку встановлена платформа 13, яка спирається на два пальці: зрізаний 27 і циліндричний 26 та прикручується гвинтами 29, також на плиту встановлені два фіксатори 11 та 12.

Деталь ставиться на призми 25 і торцем притискається до фіксатора 11, після чого каретка підводиться до деталі, щоб відцентрувати два отвори по горизонталі. Після цього каретка відводиться назад. Стиснене повітря подається в верхню частину пневмоциліндра. Поршень 4 зі штоком 6 опускається донизу. До верхньої частини штока прикріплений притискач 7, який притискає деталь. після припинення подачі повітря пружина 30, працюючи на розтиск, підіймає притискач разом зі штоком у вихідне положення. Відбувається розкріплення деталі.

2.1.2 Розрахунок режимів різання

Розрахуємо режими різання на операцію 40. Інструмент - фреза кінцева твердосплавна RA216.24-2450ААК12Р 1630 Ø10 мм [13] -[15].

Вихідні дані:

Діаметр фрези $d = 10$ мм;

Подача на зуб $S_z = 0,043$ мм/об.

Швидкість різання визначається за формулою:

					МР.ПМКм-001.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

$$V = \frac{C_v \cdot d^q \cdot}{T^m \cdot t^x S^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v$$

Показники степеня:

де $C_v = 46,7$ – головний коефіцієнт швидкості різання, який залежить від оброблюваного матеріалу, матеріалу інструмента та виду обробки;

$q = 0,45$ – показник степеня при діаметрі інструмента /заготовки;

$y = 0,5$ – показник степеня при подачі інструменту ;

$x = 0,5$ – показник степеня при глибині фрезерування деталі ;

$u = 0,1$ – показник степеня при довжині/ширині фрезерування деталі;

$p = 0,1$ – показник степеня при кількості зубів інструменту;

$m = 0,33$ – показник степеня при стійкості інструменту;

$B = 40$ мм – ширина фрезерування деталі;

$t = 5$ мм– глибина фрезерування деталі;

$T = 80$ хв. – період стійкості інструменту зі швидкорізальної сталі;

K_v - загальний поправочний коефіцієнт, що враховує додаткові фактори, такі як стан поверхні, використання охолоджувальної рідини, жорсткість системи верстат-інструмент-деталь тощо. Він визначається за формулою:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv} ,$$

Поправочний коефіцієнт K_{mv} , що враховує вплив фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу на швидкість різання визначається за формулою

$$K_{mv} = K_{\Gamma} \left(\frac{770}{\sigma^s} \right)^{nv}$$

$K_{\Gamma} = 0,8$ - коефіцієнт, що характеризує групу сталі за оброблюваністю;

$nv = 1,3$ – показник ступеня при обробленні;

$$K_{mv} = 0,8 \left(\frac{770}{750} \right)^{1,3} = 0,828$$

$K_{nv} = 0,8$ – коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки;

$K_{iv} = 0,7$ – коефіцієнт, що враховує матеріал інструмента;

Число обертів розраховується за формулою:

					МР.ПМКм-001.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

$$K_v = 0,828 \cdot 0,8 \cdot 0,7 = 0,46$$

За формулою визначаємо швидкість різання:

$$V = \frac{46,7 \cdot 10^{0,45}}{80^{0,33} \cdot 5^{0,5} \cdot 0,043^{0,5} \cdot 40^{0,1} \cdot 40^{0,1}} \cdot 0,46 = 18,51 \frac{M}{xв.}$$

Число обертів розраховується за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}$$

де $D = 12$ – діаметр оброблюваної поверхні, мм;

$$n = \frac{1000 \cdot 18,51}{3,14 \cdot 10} = 589,5 \text{ об/хв.}$$

Приймається число обертів шпинделя $n = 600$ об/хв.

Фактична швидкість різання визначається за формулою:

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}$$

$$V_\phi = \frac{3,14 \cdot 10 \cdot 600}{1000} = 18,84 \text{ м/хв.}$$

Осьова сила різання P_z розраховується за формулою:

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

де $n = 600$ – частота обертання фрези, об/хв;

$z = 4$ – кількість зубів фрези;

Вибираємо значення коефіцієнта C_p і показників степеня у формулі колової сили P_z

$C_p = 68,2$ – сталий коефіцієнт;

$q = 0,86$ – показник степеня при фрезеруванні деталі;

$y = 0,72$ – показник степеня при подачі інструменту ;

$x = 0,86$ – показник степеня при глибині фрезерування деталі;

$u = 0,5$ – показник степеня при довжині/ширині фрезерування деталі ;

$w = 0$ – показник степеня при стійкості інструменту;

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 5^{0,86} \cdot 0,043^{0,72} \cdot 40^{0,5} \cdot 4}{10^{0,86} \cdot 600^0} \cdot 1,03 = 1016 \text{ Н}$$

Поправочний коефіцієнт K_{mp} визначається за формулою:

					MP.ПМКм-001.00.00.000 ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma^6}{750} \right)^n$$

$$K_{mp} = \left(\frac{770}{750} \right)^{1,35} = 1,03$$

де $n=1.35$ – показник степеня.

де D – діаметр фрези, мм;

Ефективна потужність різання, кВт

$$N = \frac{P_z \cdot v}{60 \cdot 1020} = \frac{1016 \cdot 18.84}{60 \cdot 1020} = 0.312 \text{ Нм}$$

2.1.3 Розрахунок сил затиску

Розрахунок сил закріплення ґрунтується на аналізі динамічного впливу процесу різання. Зусилля, визначені в розділі 2.1.2, зокрема дотична складова P_z , створюють крутний момент $M_{крPz}$. Цей момент є рушійною силою, яка намагається спричинити прокручування (поворот) деталі в затискному елементі - призмі. Для того щоб визначити необхідну силу фіксації (закріплення), необхідно розробити кінематичну схему установки деталі в пристрої (див. рис. 2.1). На цій схемі вказуються всі діючі сили різання, а також протидіючі сили реакції опор та сили тертя, що виникають у місцях контакту.

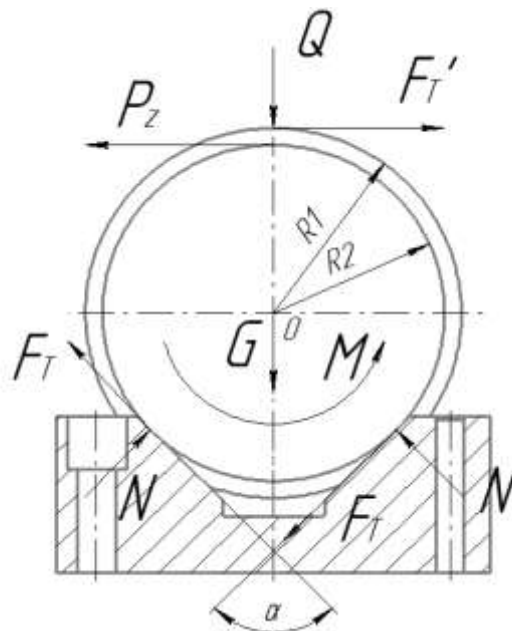


Рисунок 2.1 – Схема закріплення деталі в пристрої.

					МР.ПМКм-001.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Аналіз схеми ілюструє, що критичним навантаженням, яке намагається порушити стабільність положення деталі, є сила P_z та викликаний нею обертовий момент M . Отже, розрахункову величину сили закріплення слід проводити виходячи з умови запобігання прокручуванню деталі під дією цього моменту різання.

Приймаючи до уваги вісь обертання (точка O) як точку відліку, ми можемо записати основне рівняння статичної рівноваги моментів:

$$\sum M_O = 0 \quad | \quad (Q + G) \cdot f_1 \cdot R_1 + 2(Q + G) \cdot f_2 \cdot R_2 \cdot \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} - K \cdot M = 0;$$

$$Q = \frac{K \cdot M}{f_1 \cdot R_1 + 2 \cdot f_2 \cdot R_2 \cdot \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}}} - G;$$

де f_1, f_2 – коефіцієнти тертя між затискним елементом та деталлю, а також призмою та деталлю, $f_1 = f_2 = 0,15$;

Q – сила затиску деталі, Н;

G – вага даної деталі, Н;

R_1 – радіус поверхні закріплення деталі, мм;

R_2 – радіус установочної поверхні деталі, мм;

M – крутний момент який діє на деталь, Н · мм;

α – кут призми, град.;

K – коефіцієнт запасу міцності ;

$K = 2,5$

$P_z = 1016 \text{ Н}$

$M = P_z \cdot R_2 = 1016 \cdot 0,0225 = 22,86 \text{ Нм}$

$$Q = \frac{2,5 \cdot 22,86}{0,15 \cdot 0,0225 + 2 \cdot 0,15 \cdot 0,0225 \frac{1}{\sin 45}} - 206,9 = 421,6 \text{ Н}$$

Складаємо розрахункову схему для визначення зусилля затискання деталі:

					МР.ПМКм-001.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

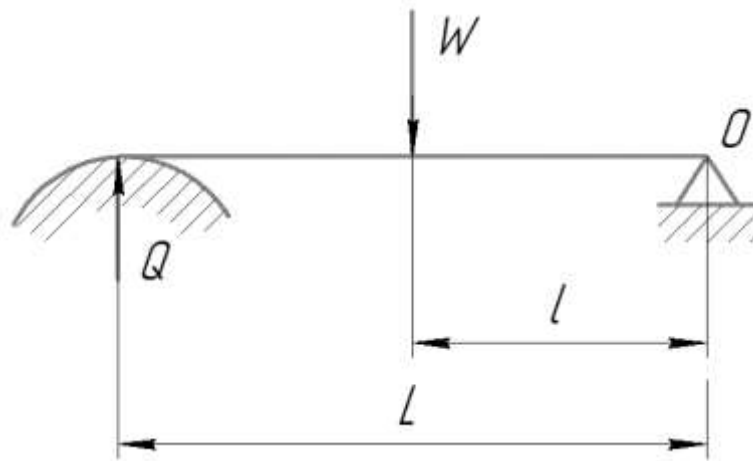


Рисунок 2.2 – Схема механізму затиску

Складаємо рівняння моментів відносно опори О і визначаємо силу затиску:

$$\sum M_O = 0; QL\eta - Wl = 0; W = \frac{QL}{l}\eta,$$

де l і L – конструктивні розміри;

η – коефіцієнт, що враховує втрати тертя в опорі важеля, $\eta \approx 0,95$

$$W = \frac{421,6 \cdot 0,175}{0,070} 0,95 = 1001,3 \text{ Н}$$

2.1.4 Розрахунок розмірів пневмоциліндра.

Для систем пневматичного приводу, що використовуються в технологічному устаткуванні, рекомендований діапазон робочого тиску становить від 0,4 до 1,0 МПа. Виходячи з цих рекомендацій, для подальших розрахунків ми обираємо мінімально достатнє значення робочого тиску $p=0,4$ МПа. Діаметр циліндра $D_{\text{п}}$ визначається на основі необхідного зусилля, яке має створити шток, та обраного робочого тиску повітря. Формула розрахунку площі поршня трансформується для знаходження його діаметра:

$$D_{\text{п}} = \sqrt{\frac{4 \cdot W}{\pi \cdot p \cdot \eta}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1001,3}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,5}} = 79,86 \text{ мм}$$

де p – тиск повітря в мережі,

η – механічний к.к.д. пневмоциліндра.

Теоретичний діаметр поршня, отриманий в результаті обчислень за наведеною

					МР.ПМКм-001.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

формулою, підлягає обов'язковому коригуванню. Його значення округлюється до найближчого діапазону розмірів, встановленого відповідними нормативними документами.

Приймаю $D_{\text{п}} = 80$ мм, діаметр штока $D_{\text{ш}}=20$ мм, зусилля на штоці 2160Н.

Вибраю пневмоциліндр Camozzi 40N1L80D0025 DIN/ISO 6431.

2.1.5 Розрахунок коефіцієнта уніфікації

Щоб оцінити, наскільки оптимально використовуються стандартні чи уніфіковані компоненти в конструкції пристрою (пристрою, вузла, виробу), ми використовуємо розрахунковий метод, який визначає коефіцієнт уніфікації $K_{\text{ун}}$.

$$K_{\text{ун}} = \frac{\sum_o}{\sum_{\text{заг}}} \cdot 100\% = \frac{16}{52} \cdot 100\% = 31\%,$$

де, $\sum_{\text{заг}}=47$ – загальна кількість найменувань або одиниць усіх деталей у специфікації виробу, визначається шляхом підрахунку,

$\sum_o=16$ – кількість уніфікованих елементів/деталей у виробі..

Тоді $K_{\text{ун}}=31\%$.

2.2 Розрахунок режимів різання

Для визначення найбільш ефективних параметрів процесу різання (режимів обробки) для різних видів металорізального обладнання було використано спеціалізований цифровий інструмент. Зокрема, розрахунки проводилися за допомогою онлайн-сервісу від компанії SANDVIK Coromant [5]. Цей програмний ресурс вважається авторитетним джерелом у галузі технології машинобудування, що гарантує високу точність та достовірність отриманих результатів.

Веб-сайт Sandvik Coromant пропонує інтуїтивно зрозумілий інструмент для розрахунку режимів різання, що дозволяє користувачам швидко знаходити відповідні значення для обробки. Потрібно почати з вибору типу інструмента, далі обрати матеріал, з яким планується працювати, та вказати характеристики верстатів, на яких плануються операції. Після введення всіх необхідних параметрів, веб-сайт генерує рекомендовані значення режимів різання, які можна використовувати в

					MP.ПМКм-001.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

процесі обробки. Ці значення включають швидкість різання, подачу та інші параметри. У результаті отримуємо відповідні значення режимів різання, що дозволяє ефективно планувати та проводити обробку матеріалів з максимальним надійним результатом, які були внесені до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1– Режими різання

№ Оп.	Назва та зміст операції	Розміри оброблюваної поверхні		Режими різання				Основний час Т _о , хв.
		D, мм.	L, мм.	t, мм.	S, мм/об	V, м/хв.	n, хв.-1	
010	Токарна з ЧПК							2,375
	1. Точити начорно поверхню 17.	95,8	2,2	2,2	0,707	240	2400	0,265
	2.Однократно точити поверхню 16.	92,4	21,5	0,5	0,592	311	1070	2,13
020	Токарна з ЧПК							9,570
	1. Точити начорно поверхню 1	38,8	1,9	1	0,707	240	1800	0,090
	2. Однократно точити поверхню 2	35	0,6	0,5	0,35	249	1800	0,050
	3. Точити напівначисто поверхню 3.	36	78	0,5	0,30	240	1800	1,050
	4. Точити начисто поверхню 3.	35,2	78	0,5	0,20	280	2400	1,255
	5. Точити тонко поверхню 3.	35	78	0,2	0,20	300	2810	1,455
	6. Однократно точити поверхню 5	45	1,5	0,5	0,707	240	1800	0,110
	7. Точити напівначисто поверхню 6.	46	32	0,5	0,30	240	1800	1,100
	8. Точити начисто поверхню 6.	45,2	32	0,5	0,20	280	2400	1,270
	9. Точити тонко поверхню 6.	45	32	0,2	0,20	300	2810	1,350
	10. Однократно точити поверхню 7.	45	0,5	0,5	0,35	240	1800	0,080
	11. Однократно точити поверхню 8.	44,5	1,5	0,5	0,35	240	1800	0,080
	12. Однократно точити поверхню 9.	44,5	1	0,5	0,35	240	1800	0,050
	13. Однократно точити поверхню 10.	55	1,8	0,5	0,35	240	1800	0,050
	14. Однократно точити поверхню 11.	55	10	0,5	0,35	240	1800	0,150
	15. Однократно точити поверхню 12.	45	3	0,5	0,35	240	1800	0,110
	16. Однократно точити поверхню 13.	45	4	0,5	0,35	240	1800	0,150
17. Однократно точити поверхню 14.	45	3	0,5	0,35	240	1800	0,150	

	18. Однократно точити поверхню 15.	92,4	1,3	0,5	0,35	240	1800	0,180
	19.Свердлити отвори 18,19	6,8	16	1,5	0,227	170	1840	0,750
	20.Зенкувати фаски 18,19	6,8	0,5	0,5	0,35	200	1840	0,090
	21.Нарізати різьбу 20,21	8	15					
030	Токарна з ЧПК							2,210
	1. Однократно точити поверхню 36.	92,4	1,3	1	0,56	263	1760	1,105
	2. Однократно точити поверхню 37.	92,4	1,3	1	0,56	263	2800	1,105
040	Фрезерна з ЧПК							0,896
	1.Фрезерувати начисто поверхні шпонкового пазу 22,23,24	10	40	5	0,043	18,84	600	0,448
	2.Переустановити деталь	-	-	-	-	-	-	-
	3. Фрезерувати начисто поверхні шпонкового пазу 25,26,27	10	40	5	0,043	18,84	600	0,448
050	Фрезерна з ЧПК							15,520
	1. Фрезерувати поверхні зубчастого вінця 28-35	92,4	18	19,5	1	20.5	800	

					МР.ПМКм-001.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

3. ВИБІР ЗАСОБІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ

3.1 Вибір верстатного обладнання

У межах розробленого технологічного процесу для виготовлення деталі «Вал-шестерня» було підбрано комплекс технологічного устаткування, оснащеного системами числового програмного керування (ЧПК): горизонтально-токарний верстат HAAS ST-25L, токарно-фрезерний верстат з ЧПК DMG MORI CTX Alpha 500 V6-ID17046 та вертикально-фрезерний верстат з ЧПК HAAS MINI MILL [6], [7].

Технічні характеристики зазначених верстатів наведені нижче.

Токарно-фрезерний верстат з ЧПК DMG MORI CTX Alpha 500 V6-ID17046

Верстат CTX alpha 500 — це універсальний токарно-фрезерний центр, який дозволяє здійснювати як токарну обробку, так і фрезерування, що дає змогу виконувати багатоопераційні технологічні цикли без переналагодження.

Машина призначена для деталей середнього діаметра й довжини, забезпечуючи високу точність, гнучкість і стабільність роботи завдяки водяному охолодженню шпинделів, лінійним направляючим (шарикопідшипниковим) і активній термостабілізації.

Верстат може бути оснащений приводними інструментами (live tools), осьовим переміщенням Y та проти- (контршпинделем) для обробки з обох сторін деталі, що дозволяє реалізовувати шестигранну обробку (6-sided machining).

Опційно можлива турель TRIFIX з Direct Drive для ще вищої швидкості обробки й точності поверхонь.

					MP.ПМКм-001.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Таблиця 3.1 - Технічні характеристики Токарно-фрезерного верстату з ЧПК
DMG MORI CTX Alpha 500 V6-ID17046

Параметр	Значення
Максимальний діаметр деталі (обробка над станцією)	240 мм
Максимальна довжина обробки	500 мм
Прохідний (баровий) діаметр	до 66–67 мм
Хід по осі X	210 мм
Хід по осі Y	±40 мм (сукупний хід 80 мм)
Хід по осі Z	525 мм
Швидкість шпинделя	до 5 000 об/хв (стандартна турель), іноді 6 000 об/хв залежно від конфігурації
Потужність основного шпинделя / крутний момент	~14 кВт, ~192 Н·м
Турель / інструментальний магазин	12 позицій (VDI 30) з приводними інструментами (live tools)
Тип направляючих	Лінійні направляючі (ball guides)
Контроль / система керування	SIEMENS 840D / інші варіанти; інтерфейс CELOS / ERGOline (
Вага верстата	4 300 кг



Рисунок 3.1 Токарно-фрезерний верстат з ЧПК DMG MORI CTX Alpha 500
V6-ID17046

					MP.ПМКм-001.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Горизонтально-токарний верстат з ЧПК HAAS ST-28L

Токарний центр моделі ST-28L вдало поєднує в собі ключові конструктивні переваги: він оснащений надійною шпиндельною бабкою А2-8, яка зазвичай використовується в розрахунку на важкі умови експлуатації середньогабаритного обладнання серії ST-35 (включно з опцією збільшеного прохідного отвору «big-bore»).

Завдяки подовженій станині та продуманому компонуванню, цей агрегат позиціонується як високоефективний багатофункціональний токарний центр, здатний реалізовувати складні технологічні операції без необхідності виділення надмірного простору в цеху.

Таблиця 3.2 - Технічні характеристики Горизонтально-токарний верстат з ЧПК HAAS ST-28L

Параметри	Значення
Система керування	HAAS
Переміщення по осі X	239 мм
Переміщення по осі Z	1080
Розмір патрона	305 мм
Найбільший діаметр прутка	102 мм
Максимальний діаметр деталі	533 мм
Прискорені переміщення по осях X і Z	24 м/хв
Максимальне навантаження по осі X	18,238 кН
Максимальне навантаження по осі Z	22,686 кН
Максимальна швидкість шпинделя	3 200 об./хв
Максимальна потужність	29,8 кВт
Кількість інструментів	12шт.
Тип головки	ВОТ
Живлення	3*400 В
Стиснене повітря/тиск	6,9 бар
Стиснене повітря/тиск	6,9 бар

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP.ПМКм-001.00.00.000 ПЗ

Арк.

48

Стиснене повітря/витрати	113 л/хв
Габаритні розміри верстата (Д x Ш x В)	4830x 2290 x 2290
Вага верстата	12000 кг



Рисунок 3.2 Горизонтально-токарний верстат з ЧПК HAAS ST-28L

Вертикально-Фрезерний верстат з ЧПК HAAS MINI MILL

Фрезерні верстати з ЧПК Haas Mini Mill є еталоном серед компактних обробних центрів. Вони економічні та призначені для обробки невеликих деталей. Модель Super Mini Mill оснащена швидким інструментальним магазином, високошвидкісним шпинделем і підвищеними подачами, що забезпечує вищу продуктивність і якість обробки.

Незважаючи на компактні розміри, верстат має всі можливості сучасних обробних центрів з ЧПК, доступну ціну та здатність виконувати складні операції. Він є ідеальним рішенням для невеликих підприємств або навчальних цехів, а також для компаній, яким потрібен додатковий верстат або «шпиндель», але є обмеження по площі.

Компанія Haas Automation, визнаний лідер у верстатобудуванні США, пропонує широкий асортимент високотехнологічного обладнання: вертикальні та горизонтальні обробні центри з ЧПК, токарні верстати з ЧПК, поворотні столи, а

					MP.ПМКм-001.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

також спеціалізовані п'ятиосьові та великогабаритні верстати. Уся продукція виготовляється на сучасному виробничому підприємстві в Окснарді, штат Каліфорнія.

Таблиця 3.3 - Технічні характеристики вертикально-фрезерного верстата з ЧПК HAAS MINI MILL

Переміщення по осі X	406 мм
Переміщення по осі Y	305 мм
Переміщення по осі Z	254 мм
Відстань між поверхнею столу і торцем шпинделя	102-356 мм
Поверхня столу X x Y	914 x 305 мм
T-образні пази	16 мм x 3
Максимальна вага на столі	227 кг
Відстань між центрами T-образних пазів	110 мм
Максимальна швидкість шпинделя	6000 об/хв
Тип приводу	Ремінний
Максимальна потужність шпинделя	5,6 кВт
Обертний момент при 1200 об/хв	45 Нм
Кількість інструменту	10
Швидкість подачі X,Y,Z	12,7 м/хв
ШxГxВ	2057 x 2235x 2692 мм
Вага	1815 кг



Рисунок 3.3– Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК HAAS MINI MILL

					<i>MP.ПМКм-001.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		51

3.2 Вибір різального інструменту

Для виконання технологічних операцій з обробки цієї деталі планується застосування високоякісного сучасного різального інструменту від провідного світового виробника — компанії Sandvik Coromant.

Продуктова лінійка Sandvik Coromant пропонує великий вибір рішень для різноманітних методів механічної обробки, зокрема:

Фрезерування: Включає широкий спектр інструментів — від торцевих і ступінчастих фрез до фрез зі змінними та індексованими твердосплавними пластинами.

Токарна обробка: Асортимент охоплює інструменти для чорнового та чистового точіння, нарізання зовнішніх і внутрішніх різьб, розточування отворів та формування канавок. До цієї категорії входять різцетримачі, державки та токарні різці зі змінними пластинами.

Свердлильні операції: Представлені монолітні твердосплавні свердла, свердла зі змінними пластинами, рішення для глибокого свердління, а також розгортки та спеціальні рушничні свердла.

Різальні елементи: Великий вибір змінних твердосплавних пластин, адаптованих для різних матеріалів та умов різання.

Розточування: Спеціалізований інструмент, призначений для високоточної фінішної обробки внутрішніх циліндричних поверхонь.

Нарізання різьби: Містить мітчики, різьбофрези, а також ефективні різьбонарізні системи з використанням змінних пластин.

Детальну інформацію про повний асортимент продукції можна знайти на офіційному сайті компанії Sandvik Coromant: <https://www.sandvik.coromant.com>

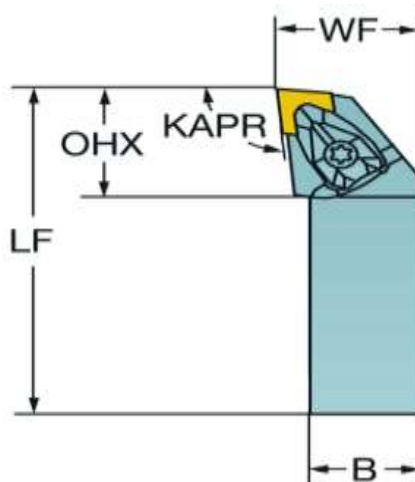
Обираю різальний інструмент, який буде використаний для імітації обробки деталі: Державка різця «DCLNR 2525M 19», ріжуча пластинка «CNMG 19 06 08-PR 4425», державка різця «CP-25BR-2525-12», ріжуча пластинка «CP-B1208D-M7 4425», державка різця «QS-RF123M32C2525E», ріжуча пластинка «N123M1-1100-0008-GM 4325», державка різця «CP-25BL-2525-12», ріжуча пластинка «CP-

					MP.ПМКм-001.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

В1208D-M7 4425», свердло «860.1-0680-024A1-PM P1BM», мітчик «Т300-ХМ100DA-M8 В125», зенківка «1С050-0300-045-ХВ 1620», фреза кінцева «RA216.24-2450ААК12Р 1630».

Технічні характеристики інструментів наведені нижче.

					<i>MP.ПМКм-001.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		53



Дані про продукт

Метрика Дюйм

Кут ріжучої кромки інструменту (KAPR_1)	95°
кут випередження (PSIR)	-5°
код типу затиснення (MTP)	затисніть зверху вставки та вставте її в отвір
про тип вставки (CUTINT_MASTER)	CNMG 190612
про підключення на стороні машини (ADINTMS)	Прямокутний хвостовик - метричний: 25 x 25
Максимальний кут нахилу (RMPX)	0°
Кут корпусу заготовки збоку (BAWS)	0°
про кут нахилу корпусу машини (BAMS)	0°
Максимальний виступ (OHX)	43,7 мм
Рука (РУЧНА)	Праворуч
про тип виходу охолоджувальної рідини (CXSC)	немає виходу охолоджувальної рідини
про тип введення охолоджувальної рідини (CNSC)	без подачі охолоджувальної рідини
ширину хвостовика (B)	25 мм
висоту хвостовика (H)	25 мм
функціональну довжину (LF)	150 мм
функціональну ширину (FШ)	32 мм
функціональну висоту (HF)	25 мм
про ортогональний передній кут (GAMC)	-6°
кут нахилу (LAMS)	-6°
про крутний момент (TQ)	6,4 Нм
Матеріал корпусу (BMC)	Сталь

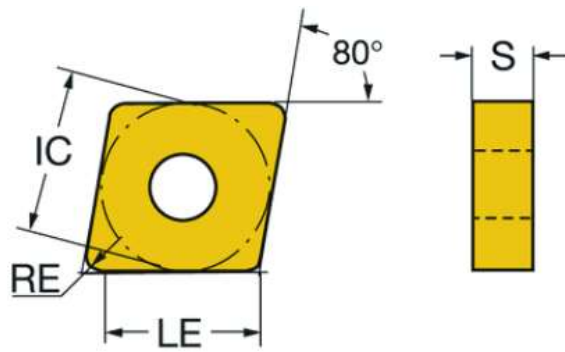
Рисунок 3.4 - Державка різця «DCLNR 2525M 19»

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP.ПМКм-001.00.00.000 ПЗ

Арк.

54



Дані про продукт

Метрика

матеріал(и) заготовки (TMC1ISO)



про стружколом (CBMD)

Зв'язки з громадськістю

Тип операції (СТРТ)

чорнова обробка

код способу кріплення (IFS)

Циліндричний отвір для кріплення

кріпильного отвору (D1)

7,925 мм

Розмір і форма вставки (CUTINT_SIZESHAPE)

CN1906

про кількість передових лез (CEDC)

4

про діаметр вписаного кола (IC)

19,05 мм

Вставити код форми (SC)

Ромбічний 80

про ефективну довжину ріжучої кромки (LE)

18,5439 мм

Радіус кута (RE)

0,7938 мм

Рука (РУЧНА)

Нейтральний

Оцінка (ОЦІНКА)

4425

про субстрат (SUBSTRATE)

Головний уповноважений

про покриття (COATING)

ХОП TiCN+Al2O3+TiN

про товщину вставки (S)

6,35 мм

про кут зазору (AN)

0°

про вагу товару (WT)

0,0261 кг

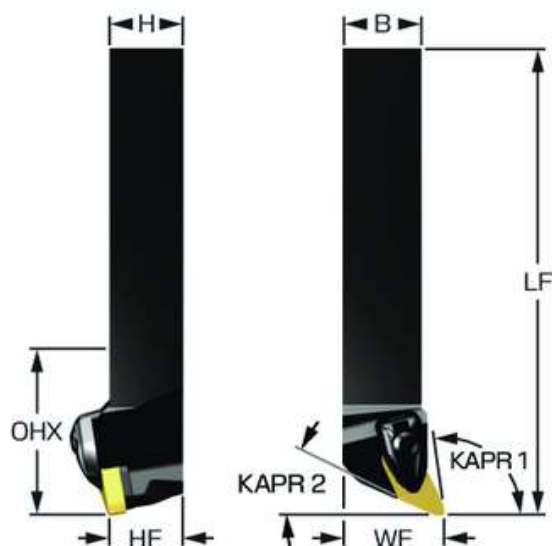
Рисунок 3.5 - Ріжуча пластинка «CNMG 19 06 08-PR 4425»

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP.ПМКм-001.00.00.000 ПЗ

Арк.

55



Дані про продукт

Метрика Дюйм

про кут різальної кромки інструменту (KAPR_1)	95°
про кут різальної кромки інструменту (KAPR_2)	25°
кут випередження (PSIR)	-5°
код типу затискання (MTP)	затисніть зверху вставки та вставте її в отвір
про тип вставки (CUTINT_MASTER)	CoroTurn PRIME CP-B (CP-B1208D)
про підключення на стороні машини (ADINTMS)	Прямокутний хвостовик - метричний: 25 x 25
Максимальний кут нахилу (RMPX)	23°
Кут корпусу заготовки збоку (BAWS)	0°
про кут нахилу корпусу машини (BAMS)	0°
Максимальний виступ (DHX)	50 мм
Рука (RY*HA)	Праворуч
про тип виходу охолоджувальної рідини (CXSC)	немає виходу охолоджувальної рідини
про тип введення охолоджуючої рідини (CNSC)	без подачі охолоджувальної рідини
ширину хвостовика (B)	25 мм
висоту хвостовика (H)	25 мм
функціональну довжину (LF)	150 мм
функціональну ширину (ФШ)	32 мм
функціональну висоту (HF)	25 мм
про ортогональний передній кут (GAMC)	-3,9°
кут нахилу (LAMS)	-10,3°
про крутний момент (TQ)	4 Нм
Матеріал корпусу (BMC)	Сталь
про вагу товару (WT)	0,7099 кг

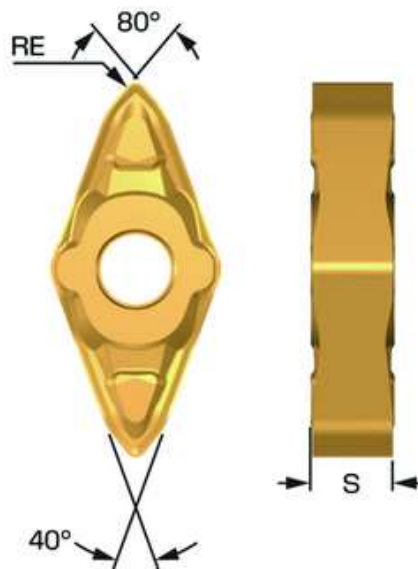
Рисунок 3.6 - Державка різця «CP-25BR-2525-12»

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP.ПМКм-001.00.00.000 ПЗ

Арк.

56



Дані про продукт

Метрика Дюйм

матеріал(и) заготовки (TMCLISO) ⓘ



про стружколом (CBMD)

M7

Тип операції (CTPT)

попередня обробка з урахуванням вимог до поверхні

код способу кріплення (метрична система) (IFS)

Циліндричний отвір для кріплення

кріпильного отвору (D1)

5,156 мм

Розмір і форма вставки (CUTINT_SIZESHAPE)

CoroTurn PRIME CP-B120

про кількість передових паз (CEDC)

4

про діаметр вписаного кола (IC)

12 мм

Радіус кута (RE)

0,8 мм

ширину поверхні землі (BN)

0,2 мм

кут нахилу поверхні (GB)

0°

про кут нахилу (GAN)

18°

Рука (PVCHN)

Нейтральний

Оцінка (ОЦІНКА)

4425

про субстрат (SUBSTRATE)

Головний уповноважений

про покриття (COATING)

ХДП TiCN+Al2O3+TiN

про товщину вставки (S)

6 мм

про кут зазору (AN)

0°

про вагу товару (WT)

0,017 кг

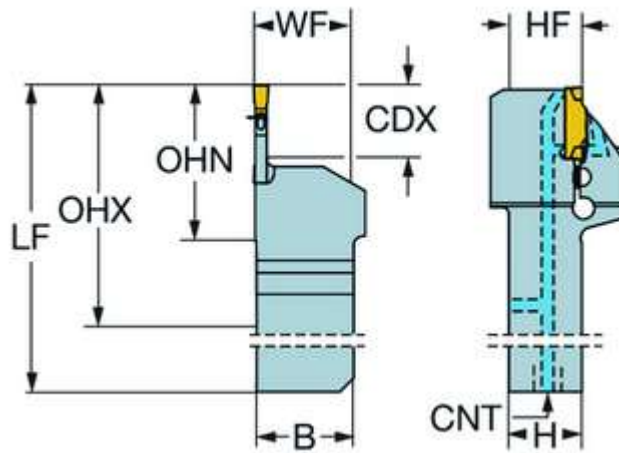
Рисунок 3.7 - Ріжуча пластинка «CP-B1208D-M7 4425»

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP.ПМКм-001.00.00.000 ПЗ

Арк.

57



Дані про продукт

Метрика Дюйм

Максимальна глибина різання (CDX)	32 мм
код типу затискання (MTP)	затискач зверху вставки
про тип вставки (CUTINT_MASTER)	CoroCut 2 - розмір M (N123M2-1000-0008-GM)
Вставити про місце (SSC_M)	M
про підключення на стороні машини (ADINTMS)	Прямокутний хвостовик - метричний: 25 x 25
Кут корпусу заготовки збоку (BAWS)	0°
про мінімальний виступ (OHN) ⓘ	49,246 мм
Максимальний виступ (OHX)	74,246 мм
Рука (РУЧНА)	Праворуч
про тип введення охолоджуючої рідини (CNCS)	осьовий концентричний та радіальний вхід
про тип виходу охолоджувальної рідини (CXSC)	осьовий похилий вихід
про розмір різьби входу охолоджувальної рідини (CNT)	G 1/8-28
тиск охолоджувальної рідини (CP)	150 бар
ширину хвостовика (B)	25 мм
висоту хвостовика (H)	25 мм
функціональну довжину (LF)	133,246 мм
функціональну ширину (ФШ)	26 мм
функціональну висоту (HF)	25 мм
про загальну довжину (OAL)	133,246 мм
про вагу товару (WT)	0,545 кг

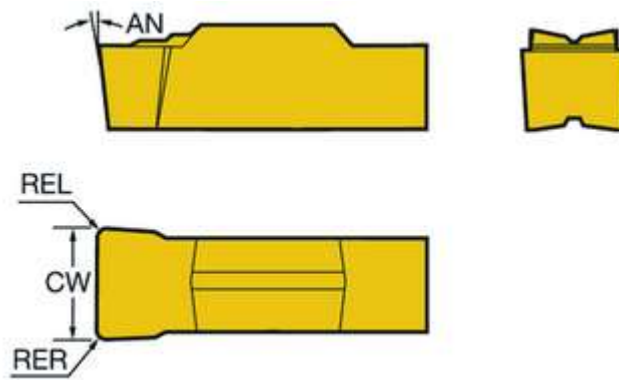
Рисунок 3.8 - Державка різця «QS-RF123M32C2525E»

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP.ПМКм-001.00.00.000 ПЗ

Арк.

58



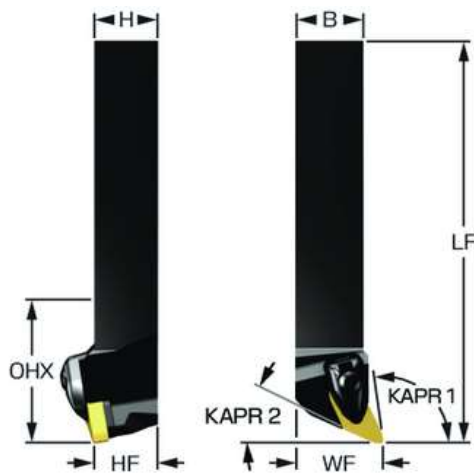
Дані про продукт

Метрика Дюйм

матеріал(и) заготовки (TMC1ISO)	П. К.
про стружколом (CBMD)	ГМ
Тип операції (СТРТ)	попередня обробка з урахуванням вимог до поверхні
код способу кріплення (метрична система) (IFS)	Увігнутий призматичний перетин з рейкою
Розмір і форма вставки (CUTINT_SIZESHAPE)	CoroCut 1-2 розміру M1
про кількість передових лез (CEDC)	1
Вставити про місце (SSC_M)	M
Ширина різання (CW)	11 мм
про нижній допуск ширини різання (CWTOLL)	-0,03 мм
про верхнє допускове значення ширини різання (CWTOLU)	0,03 мм
радіус кута ліворуч (REL)	0,8 мм
про радіус кута праворуч (RER)	0,8 мм
про нижній допуск радіуса кута (RETOLL)	-0,05 мм
про верхній допуск радіуса кута (RETOLU)	0,05 мм
про кут нахилу корпусу машини (BAMS)	0°
Рука (РУЧНА)	Нейтральний
Оцінка (ОЦІНКА)	4325
про покриття (COATING)	ХОП TiCN+Al2O3+TiN
про товщину вставки (S)	7,05 мм
про кут зазору (AN)	7°
про вагу товару (WT)	0,0268 кг

Рисунок 3.9 - Ріжуча пластинка «N123M1-1100-0008-GM 4325»

					MP.ПМКм-001.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

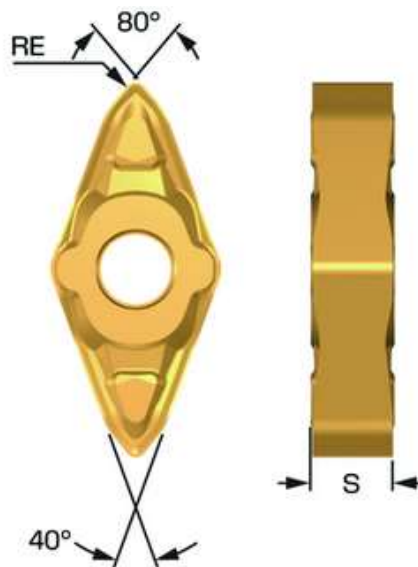


Дані про продукт

Метрика Дюйм

про кут різальної кромки інструменту (KAPR_1)	95°
про кут різальної кромки інструменту (KAPR_2)	25°
кут випередження (PSIR)	-5°
код типу затискання (MTP)	затисніть зверху вставки та вставте її в отвір
про тип вставки (CUTINT_MASTER)	CoroTurn PRIME CP-B (CP-B1208D)
про підключення на стороні машини (ADINTMS)	Прямокутний хвостовик - метричний: 25 x 25
Максимальний кут нахилу (RMPX)	23°
Кут корпусу заготовки збоку (BAWS)	0°
про кут нахилу корпусу машини (BAMS)	0°
Максимальний виступ (OHX)	50 мм
Рука (РУЧНА)	Ліворуч
про тип виходу охолоджувальної рідини (CXSC)	немає виходу охолоджувальної рідини
про тип введення охолоджуючої рідини (CNCS)	без подачі охолоджувальної рідини
ширину хвостовика (B)	25 мм
висоту хвостовика (H)	25 мм
функціональну довжину (LF)	150 мм
функціональну ширину (ФШ)	32 мм
функціональну висоту (HF)	25 мм
про ортогональний передній кут (GAMO)	-3,9°
кут нахилу (LAMS)	-10,3°
про крутний момент (TQ)	4 Нм
Матеріал корпусу (BMC)	Сталь
про вагу товару (WT)	0,7119 кг

Рисунок 3.10 - Державка різця «CP-25BL-2525-12»



Дані про продукт

Метрика Дюйм

матеріал(и) заготовки (TMC1ISO) ⓘ



про стружколом (CBMD)

M7

Тип операції (CTPT)

попередня обробка з урахуванням вимог до поверхні

код способу кріплення (метрична система) (IFS)

Циліндричний отвір для кріплення

кріпильного отвору (D1)

5,156 мм

Розмір і форма вставки (CUTINT_SIZESHAPE)

CoroTurn PRIME CP-B120

про кількість передових паз (CEDC)

4

про діаметр вписаного кола (IC)

12 мм

Радіус кута (RE)

0,8 мм

ширину поверхні землі (BN)

0,2 мм

кут нахилу поверхні (GB)

0°

про кут нахилу (GAN)

18°

Рука (PVCHN)

Нейтральний

Оцінка (ОЦІНКА)

4425

про субстрат (SUBSTRATE)

Головний уповноважений

про покриття (COATING)

ХОП TiCN+Al2O3+TiN

про товщину вставки (S)

6 мм

про кут зазору (AN)

0°

про вагу товару (WT)

0,017 кг

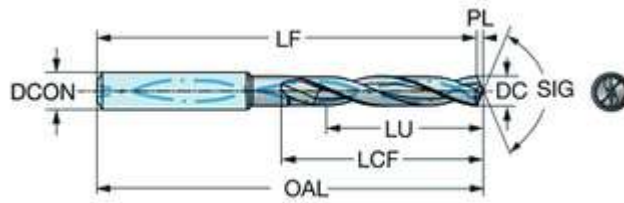
Рисунок 3.11 - Ріжуча пластинка «CP-B1208D-M7 4425»

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP.ПМКм-001.00.00.000 ПЗ

Арк.

61



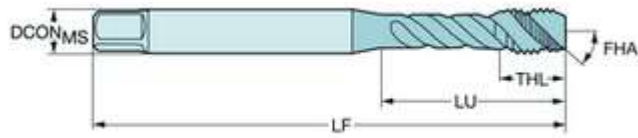
Дані про продукт

Метрика Дюйм

матеріал(и) заготовки (TMC1ISO)	П
Діаметр різання (округ Колумбія)	6,8 мм
про діаметр з'єднання з боку машини (DCONMS)	8 мм
Корисна довжина (LU)	24 мм
про досяжний допуск отвору (TCHN)	H8
Коефіцієнт корисної довжини та діаметра (ULDR)	3.5294
про ортогональний передній кут (GAMO)	17,73°
про ефективну кількість ріжучих кромок на поверхні (ZEFF)	2
про підключення на стороні машини (ADINTMS)	Циліндричний хвостовик (DIN6535-HA) - метричний: 8
про допуск діаметра з'єднання (TCDCON)	h6
Оцінка (ОЦІНКА)	П1БМ
про субстрат (SUBSTRATE)	Головний уповноважений
про покриття (COATING)	PVD TiAlSiN+TiSiN
стандартну групу хвостовиків (BSG)	DIN 6537 K
про стружколом (CBMD)	вечір
про тип введення охолоджуючої рідини (CNSC)	осьовий концентричний вхід на колі
про кут точіння (SIG)	147°
про довжину точки (PL)	1,0071 мм
про загальну довжину (OAL)	79 мм
функціональну довжину (LF)	77,9 мм
про довжину стружкової канавки (LCF)	34 мм
про максимальну швидкість обертання (RPMX)	11 703 об/хв
про вагу товару (WT)	0,0435 кг

Рисунок 3.12 - Свердло «860.1-0680-024A1-PM P1BM»

					MP.PMKM-001.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62



Дані про продукт

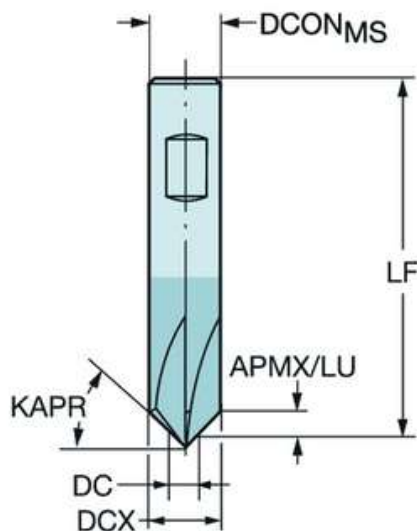
Метрика Дюйм

матеріал(и) заготовки (TMC1ISO)



про розмір різьби (TDZ)	M 8
про форму потоку (THFT)	M (метрична система 60°)
про довжину фаски мітчика (TCL)	2,5669 мм
про крок різьби (TP)	1,25 мм
про діаметр різьби (TD)	8 мм
діаметр попередньо обробленого отвору (PHD)	6,8 мм
тип попередньо обробленого отвору (PHT)	глухий отвір
про тип отвору (HTY)	наскрізний/сліпий
клас допуску різьби (TCTR)	6 годин
стандартну групу хвостовиків (BSG)	DIN371
Корисна довжина (LU)	35 мм
про підключення на стороні машини (ADINTMS)	Хвостовик мітчика DIN - метричний: 8,00 x 6,20
про стружколом (CBMD)	XM
Оцінка (ОЦІНКА)	B125
про субстрат (SUBSTRATE)	HSS-E
про покриття (COATING)	PVD TiN
про тип введення охолоджуючої рідини (CNSC)	без подачі охолоджувальної рідини
про тип виходу охолоджувальної рідини (CXSC)	немає виходу охолоджувальної рідини
про діаметр з'єднання з боку машини (DCONMS)	8 мм
функціональну довжину (LF)	90 мм
про діаметр горловини (DN)	5,96 мм
про кількість флейт (NOF)	3
про кут нахилу спіралі канавки (FHA)	15°
радіальний кут нахилу (GAMF)	10°
про довжину різьблення (THL)	12 мм

Рисунок 3.13 - Мітчик «Т300-ХМ100ДА-М8 В125»



Дані про продукт

Метрика Дюйм

матеріал(и) заготовки (TMC1ISO)



Кут ріжучої кромки інструменту (КАПР)

45°

Діаметр різання (округ Колумбія)

3 мм

максимальний діаметр різання (DCX)

12 мм

Максимальна глибина різання (APMX)

4,5 мм

про ефективну кількість периферійних ріжучих кромок (ZEFP)

6

про підключення на стороні машини (ADINTMS)

Велдон (DIN6535-HB) - метрична система:
12

про допуск діаметра з'єднання (TCDCON)

h6

Оцінка (ОЦІНКА)

1620 рік

про субстрат (SUBSTRATE)

Головний уповноважений

про покриття (COATING)

PVD TiAlN

стандартну групу хвостовиків (BSG)

КОРОНАЦІЯ

про стружколом (CBMD)

ПРЯМИЙ

про тип введення охолоджуючої рідини (CNSC).

без подачі охолоджувальної рідини

про діаметр з'єднання з боку машини (DCONMS)

12 мм

функціональну довжину (LF)

81,5 мм

про максимальну швидкість обертання (RPMX)

80 000 об/хв

про вагу товару (WT)

0,1283 кг

Рисунок 3.14 - Зенківка «1C050-0300-045-XB 1620»

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP.ПМКм-001.00.00.000 ПЗ

Арк.

64

Дані про продукт

Метрика Дюйм

матеріал(и) заготовки (TMC1ISO)



про ефективну кількість периферійних ріжучих кромок (ZEFP) 4

Діаметр різання (округ Колумбія) 9,525 мм

про діаметр з'єднання з боку машини (DCONMS) 9,525 мм

про допуск діаметра з'єднання (TCDCON) h6

Максимальна глибина різання (APMX) 19,05 мм

Корисна довжина (LU) 19,05 мм

функціональну довжину (LF) 88,9 мм

про максимальну швидкість обертання (RPMX) 80 000 об/хв

про підключення на стороні машини (ADINTMS) Циліндричний хвостовик без затискних елементів (без фланця) - дюйм: 3/8

Радіус кута (RE) 0,397 мм

максимальний кут нахилу (RMPX_FFW) 5°

про максимальну глибину різання (APMX_PFW) 19,05 мм

про кут нахилу спіралі канавки (FHA) 46,902°

про максимальну глибину різання (APMX_FFW) 19,05 мм

Оцінка (ОЦІНКА) 1630 рік

про субстрат (SUBSTRATE) Головний уповноважений

про покриття (COATING) PVD TiAlN

про тип введення охолоджуючої рідини (CNSC) без подачі охолоджувальної рідини

про клас допуску діаметра різання (TCDC) h9

про діаметр різання для контакту з поверхнею (DCF) 8,731 мм

про вагу товару (WT) 0,096 кг

можливості центрального різання (CCC) Так

стандартну групу хвостовиків (BSG) КОРОНАЦІЯ

радіальний кут нахилу (GAMF) 10,5°

про осьовий кут нахилу (GAMP) 13,5°

про загальну довжину (OAL) 88,9 мм

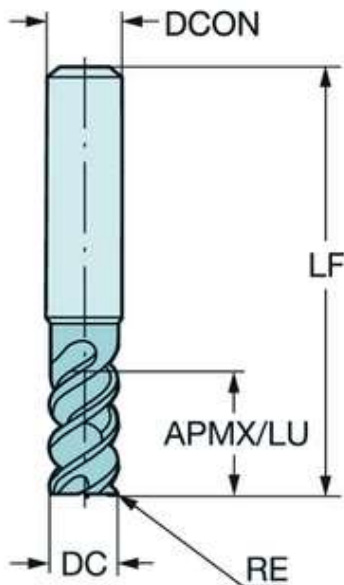


Рисунок 3.15 - Фреза кінцева «RA216.24-2450ААК12Р 1630»

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP.ПМКм-001.00.00.000 ПЗ

Арк.

65

4. СТВОРЕННЯ КЕРУЮЧОЇ ПРОГРАМИ

4.1 Моделювання деталі «Вал-зірочка ТУМ-150В.14.00.012»

Проектування 3D моделі виробу «Вал-зірочка ТУМ-150В.14.00.012» було здійснено шляхом використання методу обертання навколо осі (елемент "поворот по колу"). В процесі моделювання були визначені необхідні радіуси заокруглень, виконані конструктивні отвори, розроблені два шпонкових пази та сформований профіль зуба зірочки (виріз модуля).

Для забезпечення подальших етапів технологічної підготовки виробництва (зокрема, для програмування обробки на верстатах із ЧПК) були створені додаткові системи координат.

Кінцева 3D модель деталі «Вал-зірочка ТУМ-150В.14.00.012», разом із візуалізацією послідовності її побудови (деревом моделі), представлена на рисунку 4.1.

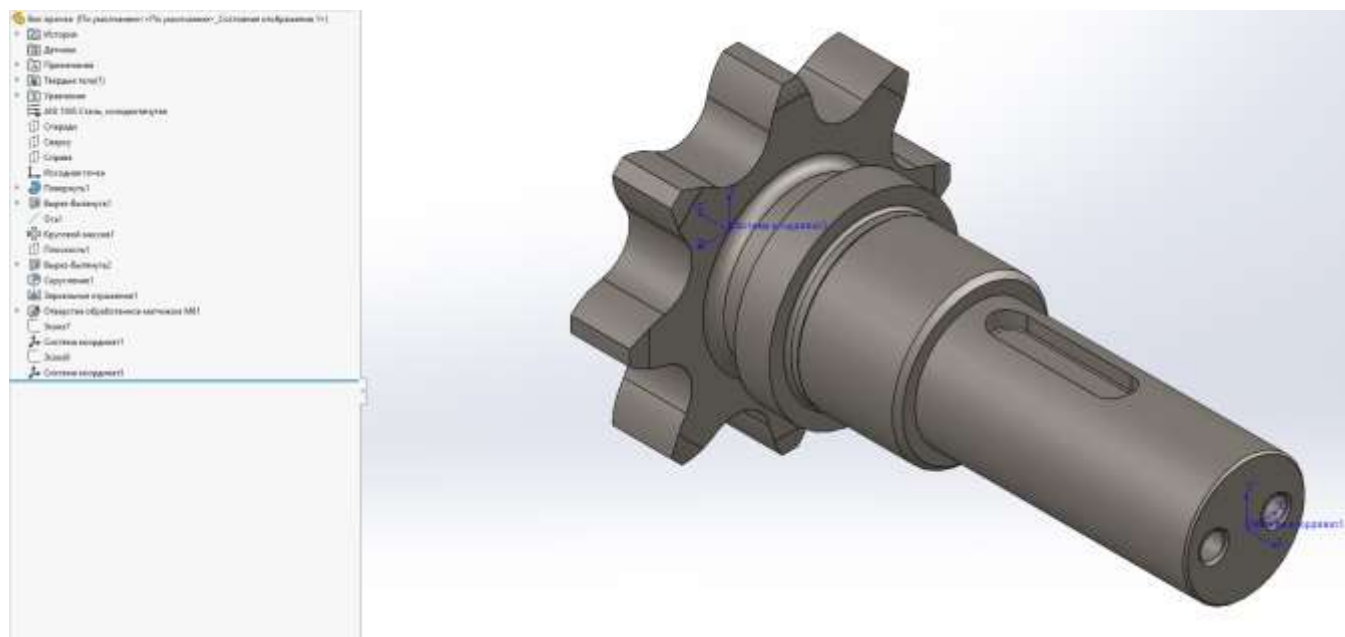


Рис. 4.1 - Модель деталі «Вал-зірочка ТУМ-150В.14.00.012» з деревом побудови

					MP.ПМКм-001.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

4.2 Внесення технічних параметрів горизонтального токарного верстата з ЧПК HAAS ST-28L та токарно фрезерного верстата ЧПК DMG MORI CTX Alpha 500 V6-ID17046 в базу даних та формування кошика інструментів операції 030 та 040.

З огляду на можливі відхилення між реальними параметрами обладнання й інструменту, що застосовуються у виробництві, та інформацією, наявною в поточній базі даних, необхідно оновити або скоригувати її відповідно. Це стосується виконання операцій 010 та 020.

Дані ріжучого інструменту, зокрема державка різця «DCLNR 2525M 19», ріжуча пластинка «CNMG 19 06 08-PR 4425», державка різця «CP-25BR-2525-12», ріжуча пластинка «CP-B1208D-M7 4425», державка різця «QS-RF123M32C2525E», ріжуча пластинка «N123M1-1100-0008-GM 4325», державка різця «CP-25BL-2525-12», ріжуча пластинка «CP-B1208D-M7 4425», свердло «860.1-0680-024A1-PM P1BM», мітчик «T300-XM100DA-M8 B125», зенківка «1C050-0300-045-XB 1620», необхідно ввести до бази даних. Так як потрібних інструментів немає в базі даних програми, необхідно провести редагування існуючих, як описано в п. 3.2. Відредаговані інструменти представлені нижче.

					MP.ПМКм-001.00.00.000 ПЗ	Арк.
						67
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Станция Ромбовая вставка Державка

Профиль

Форма: Стандарт Идентификатор оправки : 13

Ширина державки: 25.00mm Толщина державки: 25.00mm

Длина державки: 150.00mm

Угол опережения: -5.00deg

Задний зеркальный угол: 0.00deg

Передний зеркальный угол: 0.00deg

Смещение при вставке по оси Z: 0.00mm

Смещение при вставке по оси X: 0.00mm

Вылет: 0.00mm

Направление: Слева

Комментарий: DCLNR 2525M 19

Грань державки

Боковая По торцу

Угол приращения по оси B:

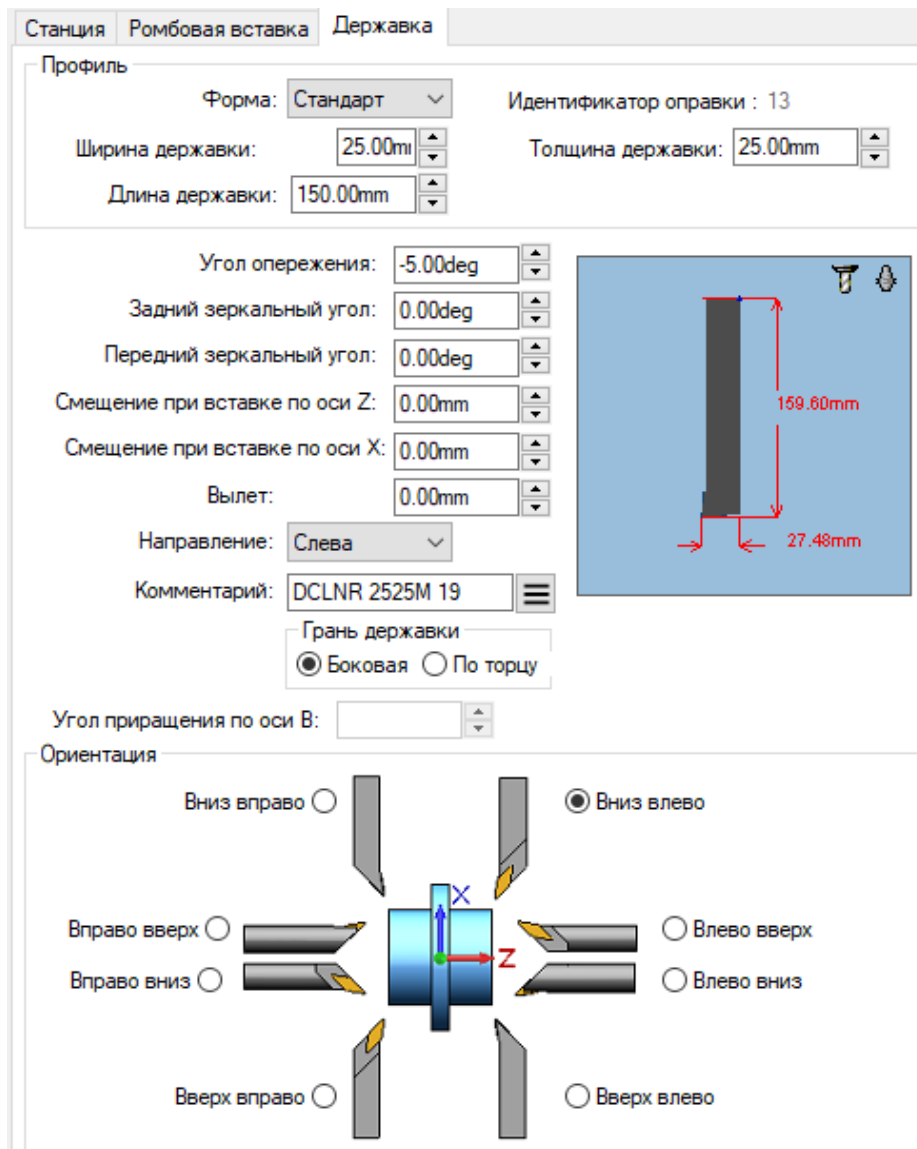
Ориентация

Вниз вправо Вниз влево

Вправо вверх Влево вверх

Вправо вниз Влево вниз

Вверх вправо Вверх влево



4.2 Рисунок- Державка різця «DCLNR 2525M 19»

Станция Ромбовая вставка Державка

№ вставки: 9

Угол при вершине (IA): 80.00deg

Вписанный круг (IC): 19.05mm

Радиус (R1): 0.79mm

Толщина: 6.35mm

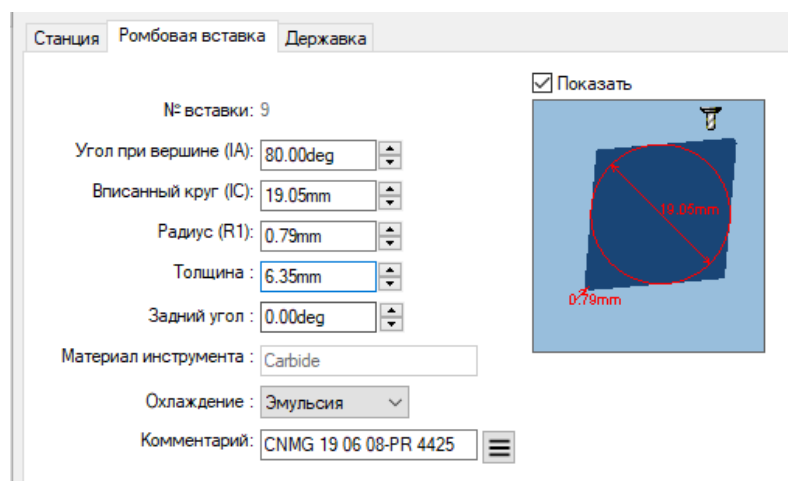
Задний угол: 0.00deg

Материал инструмента: Carbide

Охлаждение: Эмульсия

Комментарий: CNMG 19 06 08-PR 4425

Показать



4.3 Рисунок- Ріжуча пластинка «CNMG 19 06 08-PR 4425»

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Станция Ромбовая вставка Державка

Профиль

Форма: Стандарт Идентификатор оправки : 11

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: CP-25BR-2525-12

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

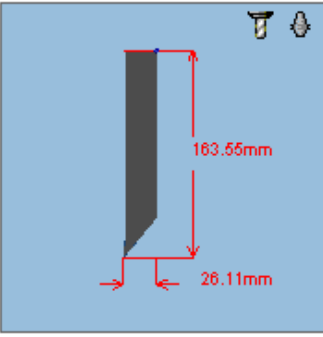


Рисунок 4.4 - Державка різця «CP-25BR-2525-12»

Станция Ромбовая вставка Державка

№ вставки: 8

Угол при вершине (IA): 40deg

Вписанный круг (IC): 12.5mm

Радиус (R1): 0.8mm

Толщина : 6mm

Задний угол : 0deg

Материал инструмента : Carbide

Охлаждение : Эмульсия

Комментарий: CP-B1208D-M7 4425

Показать

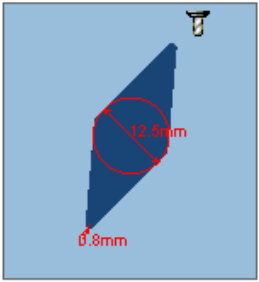


Рисунок 4.5 - Ріжуча пластинка «CP-B1208D-M7 4425»

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

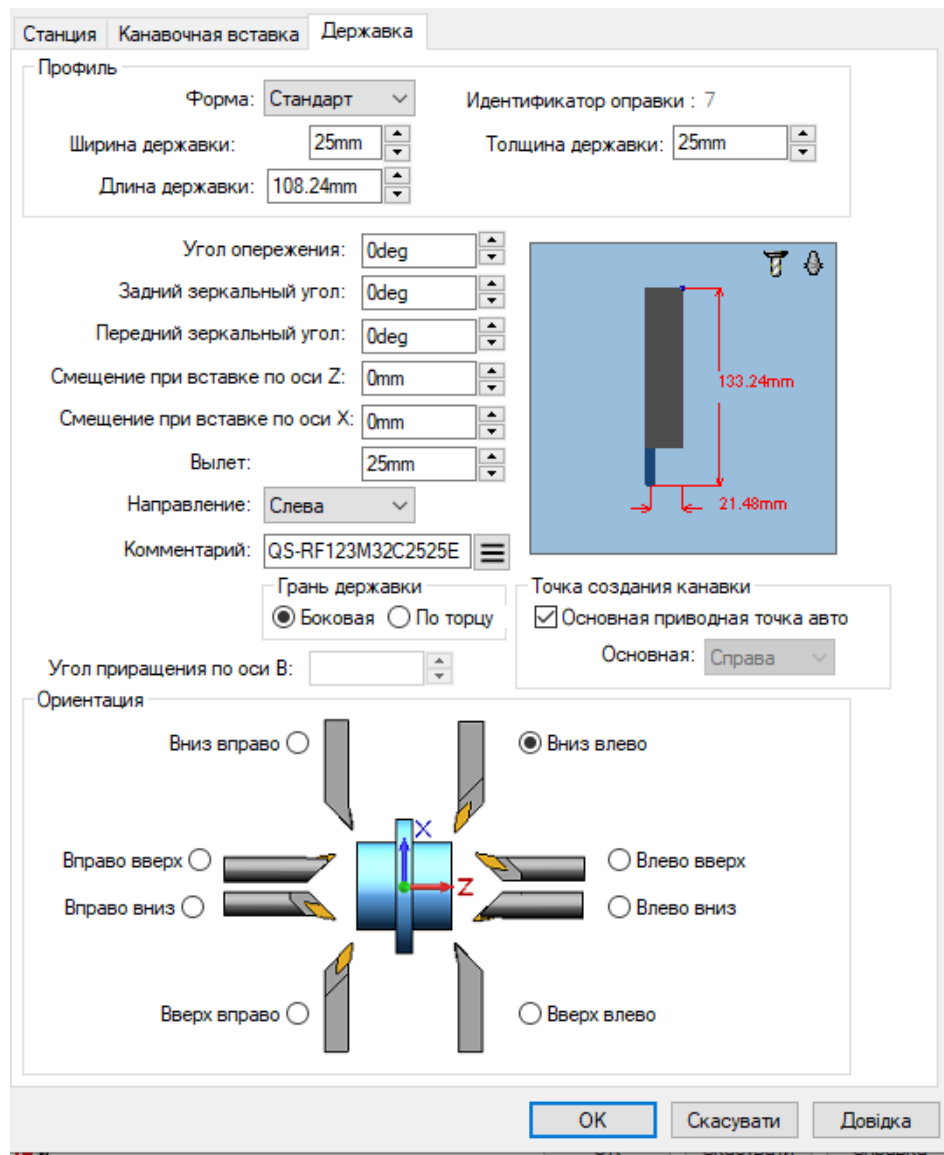


Рисунок 4.6 - Державка різця «QS-RF123M32C2525E»

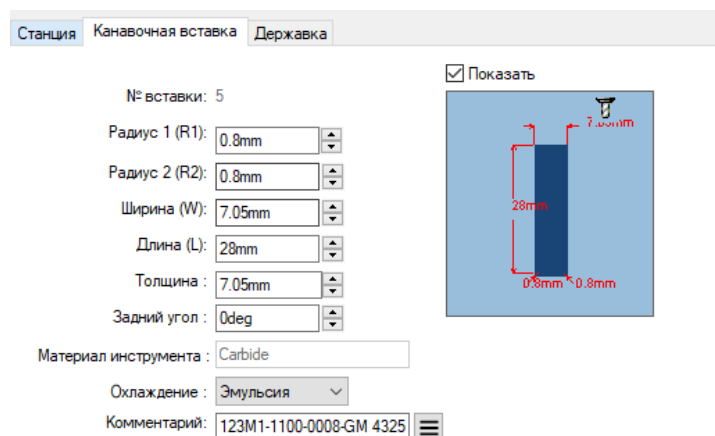


Рисунок 4.7 - Ріжуча пластинка «N123M1-1100-0008-GM 4325»

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

4.3 Створення керуючої програми обробки на операцію 010.

Створюємо заготовку для деталі «Вал-зірочка ТУМ-150В.14.00.012» на операцію 010 (рис 4.8.)

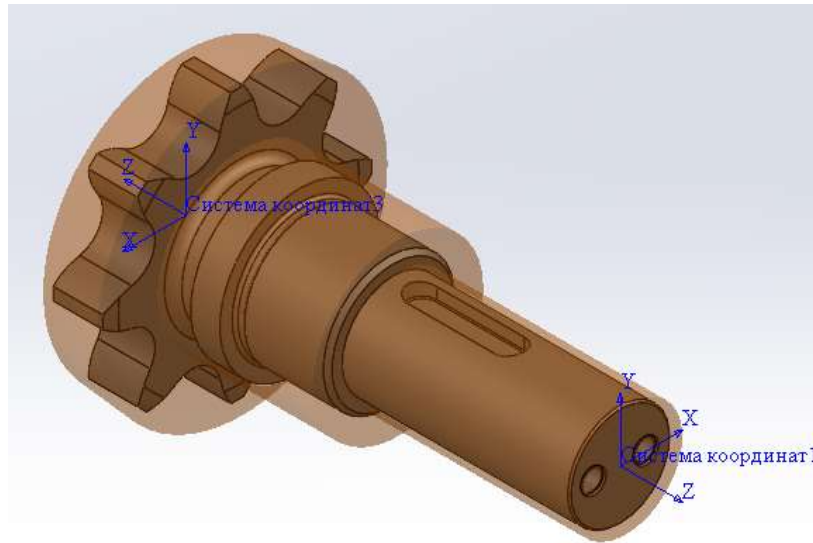


Рисунок 4.8 - Заготовка на операцію 010

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

Керуюча програма обробки операції 020, наведена нижче:

```
%  
O0001  
G00 G18 G40 G80 G97 G99  
N1 ('8AB>2>9 B>@5F1 )  
G54  
T0101 (DCLNR 2525M 12)  
G97 S1000 M03  
G99 G18 G00 Z3.354  
M08  
G50 S3000  
G96 S548  
X102.092  
G01 X95.385 Z0 F.409  
X-.8
```

X-1.507 Z.354
G96 S596
G00 Z5.216
X103.269
Z1.816
G01 X96.562 Z-1.538 F.264
Z-18.905
X99.562
X100.269 Z-18.551
G00 X106.269
Z1.351
X96.188
G01 X95.481 Z.997
Z-18.905
X96.562
X97.269 Z-18.551
G00 X103.269
Z1.354
X95.107
G01 X94.4 Z1.
Z-18.905
X95.481
X96.188 Z-18.551
G00 X102.188
Z1.354
X93.107
G01 X92.4 Z1.
Z-19.905
X98.762

					MP.ПМКм-001.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

X99.469 Z-19.551

G00 X105.469

X508. Z127. M09

M01

M05

/ M99

M30

%

4.4 Створення керуючої програми обробки на операцію 020.

Створюємо заготовку для деталі «Вал-зірочка ТУМ 150В.14.00.012» на операцію 020 (рис 4.9.)

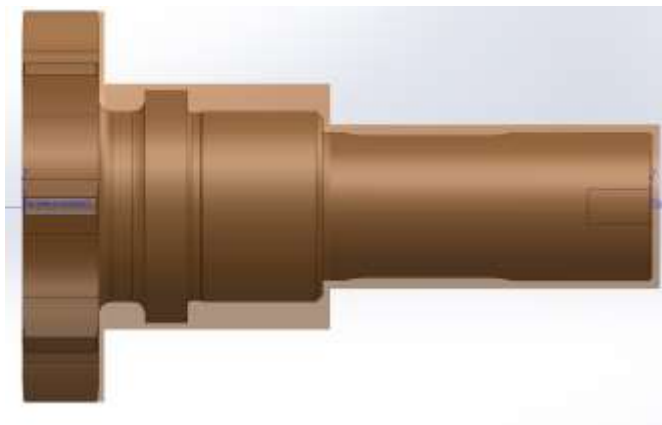


Рисунок 4.9 - Заготовка на операцію 020

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

Керуюча програма обробки операції 020, наведена нижче:

					МР.ПМКм-001.00.00.000 ПЗ	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		73

%	G01 Z-120.4
O0001	G03 X57.986 Z-120.566 R1.9
G00 G18 G40 G80 G97 G99	G01 X56.422 Z-129.5
N1 ('5@=>2>9 B>@5F1)	X58.4
G54	X59.107 Z-129.146
T0101 (DCLNR 2525M 12)	G00 X65.107
G97 S1000 M03	Z-75.846
G99 G18 G00 Z4.354	X55.21
M08	G01 X54.503 Z-76.2
G50 S3000	Z-108.506
G96 S596	G03 X56.4 Z-108.851 R1.9
X45.507	G01 X57.386 Z-108.767
G01 X38.8 Z1. F.264	G00 X63.386
X-.8	Z-75.846
X-1.507 Z1.354	X53.313
G00 Z4.354	G01 X52.606 Z-76.2
X39.507	Z-108.5
Z.354	X54.2
G01 X38.8 Z0	G03 X54.503 Z-108.506 R1.9
X-.8	G01 X55.264 Z-108.182
X-1.507 Z.354	G00 X61.264
G00 Z4.5	Z-75.846
X63.107	X51.416
Z-72.846	G01 X50.709 Z-76.2
G01 X56.4 Z-76.2 F.264	Z-108.5
Z-108.851	X52.606
G03 X58. Z-110.4 R1.9	X53.313 Z-108.146
Z-75.846	G00 X59.313
X49.52	Z-76.761

G01 X48.812 Z-76.2

Z-108.5

X50.709

X51.416 Z-108.146

G00 X57.416

Z-75.846

X47.623

G01 X46.916 Z-76.2

Z-78.571

G03 X48. Z-79.9 R1.9

G01 Z-106.943

G03 X47.986 Z-107.108 R1.9

G01 X47.742 Z-108.5

X48.812

X49.52 Z-108.146

G00 X55.52

Z-75.846

X45.726

G01 X45.019 Z-76.2

Z-77.622

X46.887 Z-78.556

G03 X46.916 Z-78.571 R1.9

G01 X47.915 Z-78.576

G00 X53.915

Z-75.846

X43.829

G01 X43.122 Z-76.2

G00 Z.666

X34.414

G03 X43.887 Z-77.056 R1.9

G01 X45.019 Z-77.622

X46.019

G00 X52.019

Z-75.846

X41.932

G01 X41.225 Z-76.2

Z-76.5

G03 X43.122 Z-76.761 R1.9

G01 X44.089 Z-76.635

G00 X50.089

Z-75.846

X40.035

G01 X39.328 Z-76.2

Z-76.5

X41.2

G03 X41.225 R1.9

G01 X41.937 Z-76.149

X42.837

G00 X47.937

Z.5

X39.007

G01 X37.431

Z0

G03 X38. Z-1. R1.9

G01 Z-76.5

X39.328

X40.035 Z-76.146

G99 G18 G00 Z6.801

					MP.ПМКм-001.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

<i>G01 Z.166</i>	<i>M08</i>
<i>X35.473 Z-.364</i>	<i>G50 S3000</i>
<i>G03 X36. Z-1. R.9</i>	<i>G96 S548</i>
<i>G01 Z-77.5</i>	<i>X32.826</i>
<i>X41.2</i>	<i>G01 X26.826 Z3.801 F.409</i>
<i>G03 X42.473 Z-77.764 R.9</i>	<i>Z3.301</i>
<i>G01 X45.473 Z-79.264</i>	<i>X34.814 Z-.693</i>
<i>G03 X46. Z-79.9 R.9</i>	<i>G03 X35.4 Z-1.4 R1.</i>
<i>G01 Z-106.943</i>	<i>G01 Z-77.8</i>
<i>G03 X45.993 Z-107.021 R.9</i>	<i>X40.4</i>
<i>G01 X45.564 Z-109.473</i>	<i>G03 X41.814 Z-78.093 R1.</i>
<i>G02 X45.7 Z-109.5 R.1</i>	<i>G01 X44.814 Z-79.593</i>
<i>G01 X54.2</i>	<i>G03 X45.4 Z-80.3 R1.</i>
<i>G03 X56. Z-110.4 R.9</i>	<i>G01 Z-107.343</i>
<i>G01 Z-120.4</i>	<i>G03 X44.9 Z-108.004 R1.</i>
<i>G03 X55.993 Z-120.478 R.9</i>	<i>G01 Z-109.8</i>
<i>G01 X54.24 Z-130.5</i>	<i>X53.4</i>
<i>X91.6</i>	<i>G03 X55.4 Z-110.8 R1.</i>
<i>X92.307 Z-130.146</i>	<i>G01 Z-120.8</i>
<i>G00 X98.307</i>	<i>G03 X54.814 Z-121.507 R1.</i>
<i>X508. Z127. M09</i>	<i>G01 X45.4 Z-126.214</i>
<i>M01</i>	<i>Z-128.8</i>
<i>N2 ('8AB>2001)</i>	<i>G02 X49.4 Z-130.8 R2.</i>
<i>G54</i>	<i>G01 X90.8</i>
<i>T0303 (CP-25BR-2525-12)</i>	<i>X91.507 Z-130.446</i>
<i>G97 S1000 M03</i>	<i>G00 X97.507</i>
<i>X39.331</i>	<i>X508. Z127.</i>
<i>G01 X33.331 Z.266 F.409</i>	<i>Z3.266</i>
<i>Z-.234</i>	<i>G54</i>

<i>X34.531 Z-.834</i>	<i>T0404 (QS-RF123M32C2525E)</i>
<i>G03 X35. Z-1.4 R.8</i>	<i>G97 S1000 M03</i>
<i>G01 Z-78.</i>	<i>G99 G18 G00 Z-128.</i>
<i>X40.4</i>	<i>M08</i>
<i>G03 X41.531 Z-78.234 R.8</i>	<i>G50 S3000</i>
<i>G01 X44.531 Z-79.734</i>	<i>G96 S269</i>
<i>G03 X45. Z-80.3 R.8</i>	<i>X98.4</i>
<i>G01 Z-107.343</i>	<i>G01 X92.4 Z-131. F.063</i>
<i>G03 X44.531 Z-107.909 R.8</i>	<i>X49.4</i>
<i>G01 X44.5 Z-107.924</i>	<i>G03 X45.023 Z-129.025 R2.2</i>
<i>Z-109.8</i>	<i>G01 X58.4</i>
<i>G02 X44.9 Z-110. R.2</i>	<i>Z-120.</i>
<i>G01 X53.4</i>	<i>X49.4</i>
<i>G03 X55. Z-110.8 R.8</i>	<i>G02 X45.023 Z-121.975 R2.2</i>
<i>G01 Z-120.8</i>	<i>G00 X96.8</i>
<i>G03 X54.531 Z-121.366 R.8</i>	<i>X508. Z127. M09</i>
<i>G01 X45. Z-126.131</i>	<i>M01</i>
<i>Z-128.8</i>	
<i>G02 X49.4 Z-131. R2.2</i>	<i>M05</i>
<i>G01 X90.8</i>	<i>/M99</i>
<i>X91.507 Z-130.646</i>	<i>M30</i>
<i>G00 X97.507</i>	<i>%</i>
<i>X508. Z127. M09</i>	
<i>M01</i>	
<i>N3 ('8AB>200 :0=02:01)</i>	

4.5 Внесення технічних параметрів вертикально-фрезерного верстата з ЧПК в базу даних та формування кошика інструментів на операцію 040.

Зважаючи на ймовірні розбіжності між фактичними характеристиками використовуваного обладнання/інструментарію та інформацією, що зберігається в базі даних, необхідно внести зміни для забезпечення її актуальності..

Для виконання операції 040 з обробки деталі буде використано горизонтально-фрезерний верстат з ЧПК HAAS MINI MILL.

Далі вносимо характеристики інструментів, зокрема, фрези кінцевої - «RA216.24-2450AAK12P 1630».

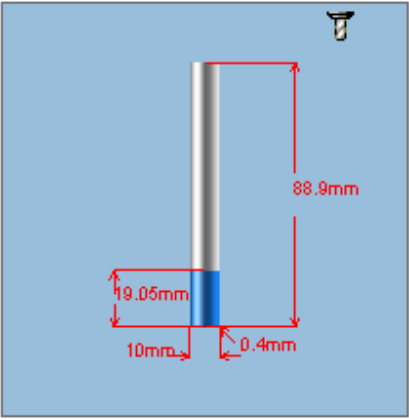
Фреза **Оправка** Станция

Показать

Тип фрезы: Скругленная ▾
Подтип: Черновая/чистовая

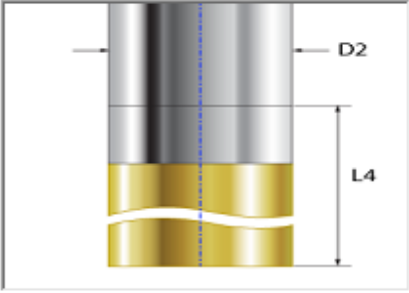
Размеры инструмента

Рабочий диаметр (D1): 10mm ▾
Радиус конца (R): 0.4mm ▾
Режущая длина (L2): 19.05mm ▾
Полная длина (L1): 88.9mm ▾
Число зубьев: 4
Резка по центру:



Нережущая часть

Тип: Цилиндр ▾
Рабочий диаметр (D4): 10mm ▾
Рабочая длина (L4): 30mm ▾
Державка (D2): 10mm ▾
Длина державки (L6): 30mm ▾



Свойства

Рабочие параметры...

Материал инстр.: Carbide
Траектория для: Вершины фр ▾
Номер в TechDB: 84
Комментарий: RA216.24-2450AAK12P 1630

Вращение
 Правое
 Левое

Рисунок.4.9 - Фреза кінцева «RA216.24-2450AAK12P 1630».

4.6 Створення керуючої програми обробки на операцію 040 Установ 1

					MP.ПМКм-001.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

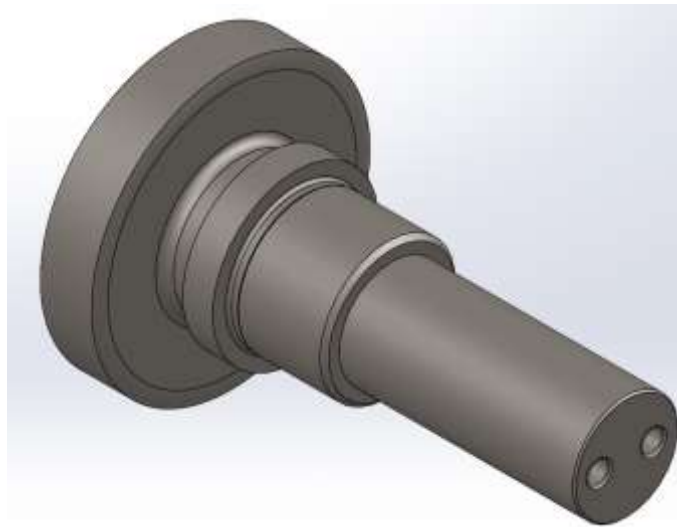


Рисунок 4.10 Заготовка на операцію 040 Установ 1

Імітація обробки проходить без помилок. Створюємо керуючу програму фрезерної обробки операції 040 Установ 1

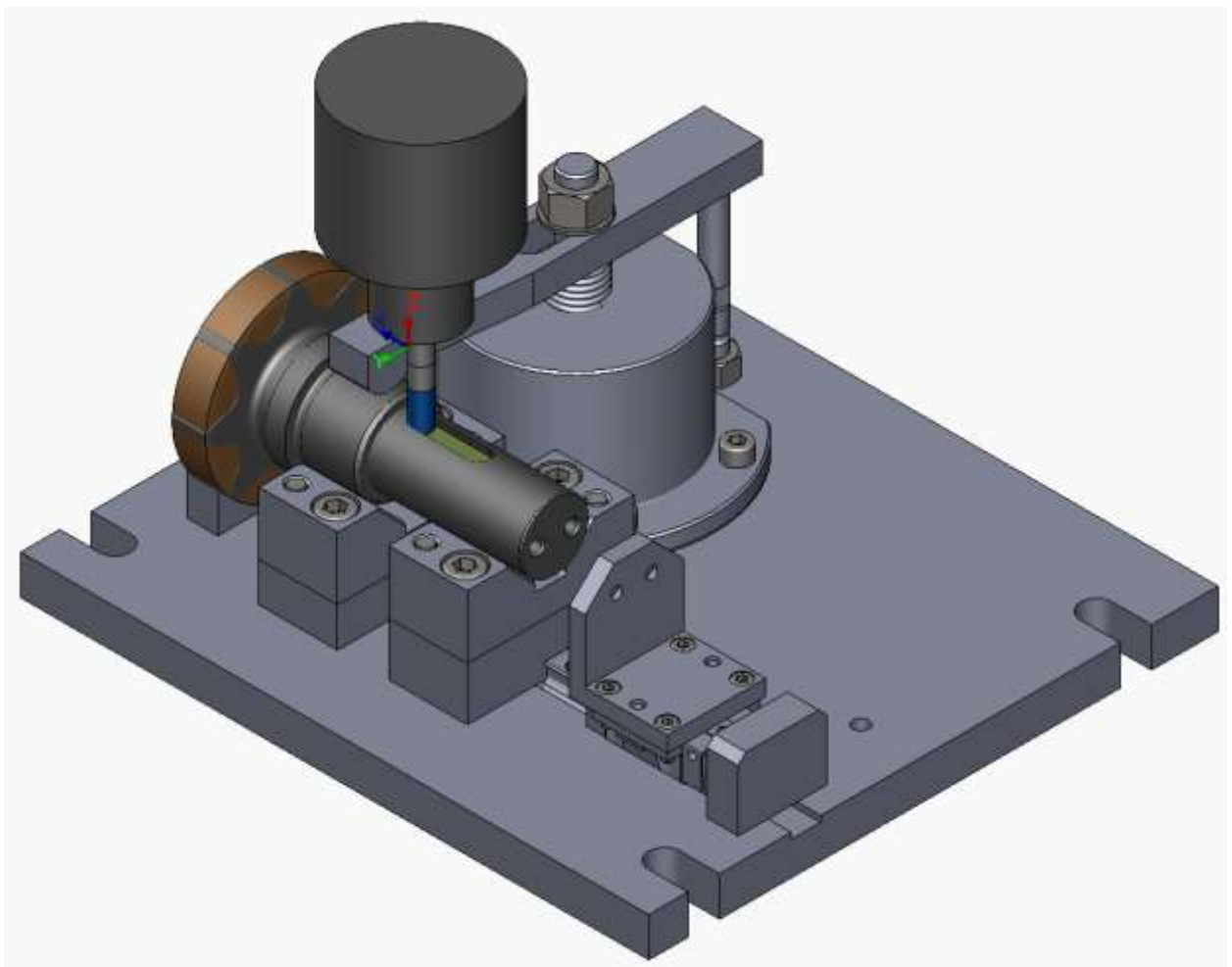


Рисунок 4.11 Імітація обробки на фрезерну операцію 040 Установ 1

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР.ПМКм-001.00.00.000 ПЗ

Арк.

79

Керуюча програма фрезерної обробки операції 040 Установ 1 наведена

нижче:

%

O00001

N5 G21 G17 G40 G80 G90

N10 T09 M06 (RA216.24-2450AAK12P 1630)

N15 G54 G90 G94

N20 S7868 M03

N25 G00 G90 X-36.5 Y0

N30 G43 H09 Z-25.8 M08

N35 G01 Z-30.3 F439.686

N40 X-6.5 F1758.743

N45 G00 Z-25.8

N50 G90 G54 X-36.5 Y0

N55 Z-27.8

N60 G01 Z-32. F439.686

N65 X-6.5 F1758.743

N70 G00 Z-25.8

N75 G90 G54 X-36.5 Y0

N80 Z-29.5

N85 G01 Z-33.7 F439.686

N90 X-6.5 F1758.743

N95 G00 Z-25.8

N100 G01 Z25. F500. M09

N105 G00 G90 G53 G49 H0 Z0 M05

N110 G54 X0 Y0

N115 M30

%

					MP.ПМКм-001.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

4.7 Створення керуючої програми обробки на операцію 040 Установ 2

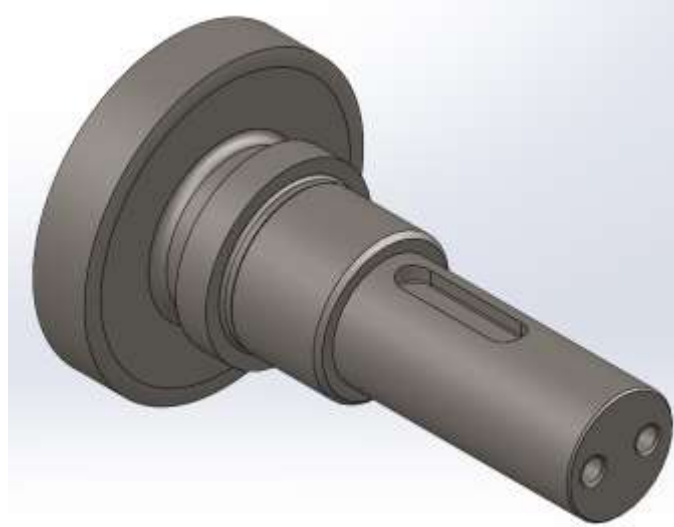


Рисунок 4.12 Заготовка на операцію 040 Установ 2

Імітація обробки проходить без помилок. Створюємо керуючу програму фрезерної обробки операції 040 Установ 2

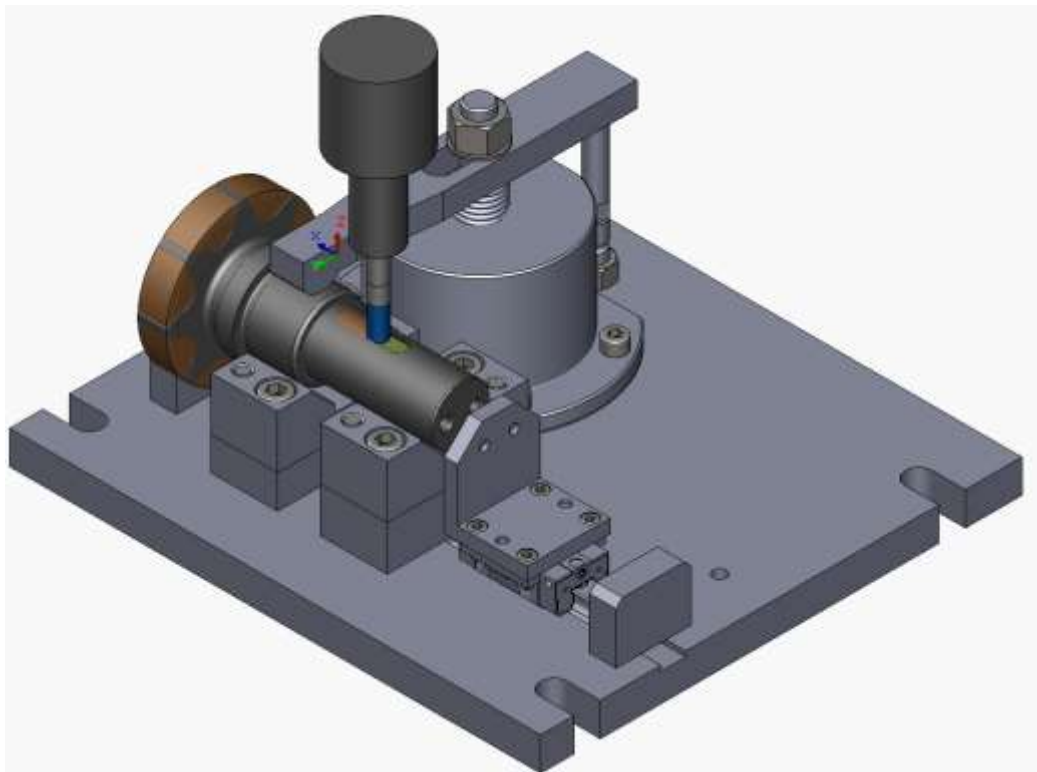


Рисунок 4.13 Імітація обробки на операцію 040 Установ 2

Керуюча програма фрезерної обробки операції 040 Установ 2 наведена нижче:

					МР.ПМКм-001.00.00.000 ПЗ	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		81

%

O00001

N5 G21 G17 G40 G80 G90

N10 T07 M06 (RA216.24-2450AAK12P 1630)

N15 G54 G90 G94

N20 S7868 M03

N25 G00 G90 X-36.5 Y0

N30 G43 H07 Z-25.8 M08

N35 G01 Z-30.3 F439.686

N40 X-6.5 F1758.743

N45 G00 Z-25.8

N50 G90 G54 X-36.5 Y0

N55 Z-27.8

N60 G01 Z-31.433 F439.686

N65 X-6.5 F1758.743

N70 G00 Z-25.8

N75 G90 G54 X-36.5 Y0

N80 Z-28.933

N85 G01 Z-32.567 F439.686

N90 X-6.5 F1758.743

N95 G00 Z-25.8

N100 G90 G54 X-36.5 Y0

N105 Z-30.067

N110 G01 Z-33.7 F439.686

N115 X-6.5 F1758.743

N120 G00 Z-25.8

N125 G01 Z25. F500. M09

N130 G00 G90 G53 G49 H0 Z0 M05

N135 G54 X0 Y0

					<i>MP.ПМКм-001.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		82

N140 M30

%

					<i>MP.ПМКм-001.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		83

5. Параметричне дослідження конструкції деталі

Аналіз умов роботи деталі.

Вал-зірочка «ТУМ-150В.14.00.012» є ведучою деталлю ланцюгової передачі.

Вона служить для передавання крутного моменту від приводу до ланцюга, а через нього — до веденого вала або робочого механізму. Крім того, вал забезпечує правильне центрування та співвісність обертання всіх з'єднаних деталей, а також надійне з'єднання з підшипниками й іншими елементами вузла.

Деталь представляє собою вал, на одному кінці якого цілісно сформована зірочка. На валу виконані різьбові отвори М8, що слугують для монтажу додаткових елементів або для запобігання осьовому зміщенню зірочки. Крім того, на деталі передбачені шпонкові пази, які забезпечують передавання крутного моменту. Циліндричні посадкові ділянки Ø35, Ø45 і Ø55 призначені для встановлення підшипників чи втулок, що гарантують точне центрування та плавний хід валу. Зірочка має вісім зубців, профіль яких відповідає вимогам ДСТУ ГОСТ 13568:2006; її ланцюговий крок становить 31,75 мм, а діаметр ділильного кола — 82,8 мм. Зубчастий вінець забезпечує взаємодію з роликівим ланцюгом відповідного типу (з діаметром ролика 19,05 мм) і слугує для передавання крутного моменту від валу до ланцюга. Креслення деталі вал-зірочка зображено рис.5.1

Контактне циклічне навантаження 10000 Н діє на циліндричну поверхню ø35, на яку опирається вал. Матеріал деталі – сталь 45.

					МР.ПМКм-001.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		84

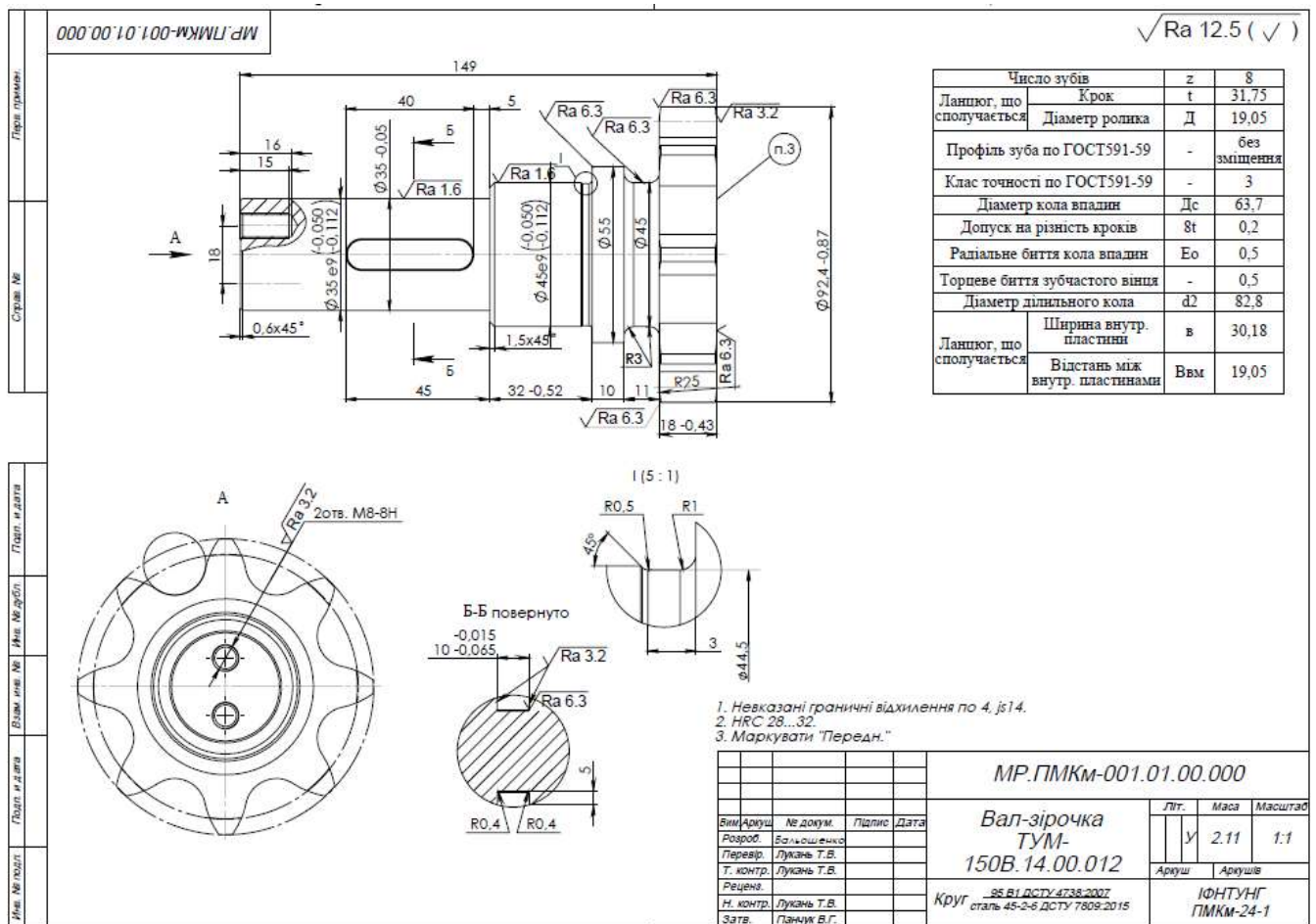


Рисунок 5.1 – Креслення деталі Вал-зірочка «ТУМ-150В.14.00.012

Побудова параметричної моделі

Дерево побудови параметричної моделі наведено на рисунку 5.2, а основні етапи її створення представлені на рисунку 5.3.

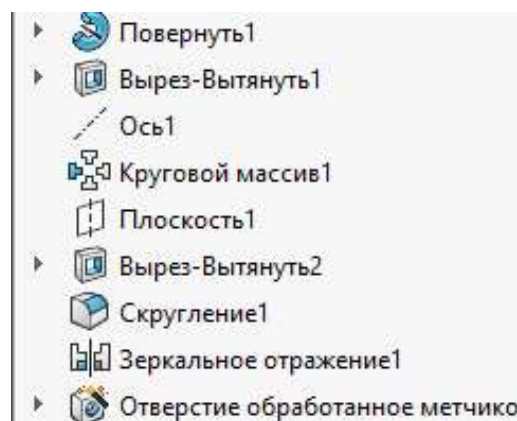


Рисунок 5.2 - Дерево побудови параметричної моделі

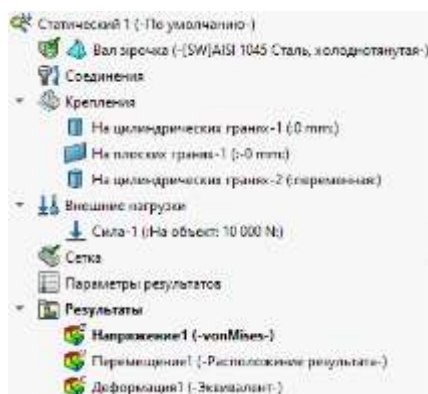
Висновок: побудована параметрична модель дозволяє досліджувати вплив параметрів (елементів 5-Виріз-Витягнути 2, Повернута основа, Скруглення) на напруження, деформації та інші характеристики деталі.

Статична задача обчислення напруження і деформацій.

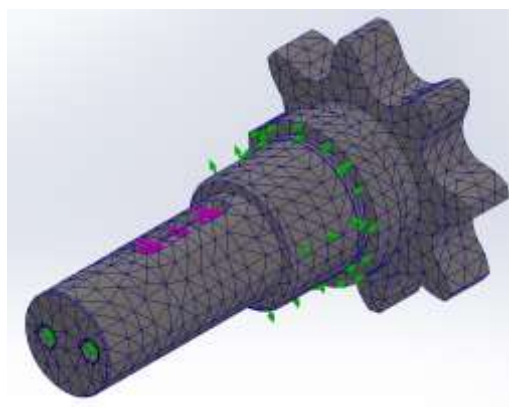
Основні властивості матеріалу для статичного і динамічних аналізів наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Властивості матеріалу

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



а



б

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

Для задання граничних умов обираємо циліндричну поверхню, якій обмежуємо переміщення в радіальному напрямку (рис. 5.5). Далі вибираємо торець деталі та фіксуємо його, усуваючи переміщення перпендикулярно до грані (рис. 5.6). Крім того, вибираємо поверхні під болти та обмежуємо їх переміщення в радіальному напрямку (рис. 5.7).

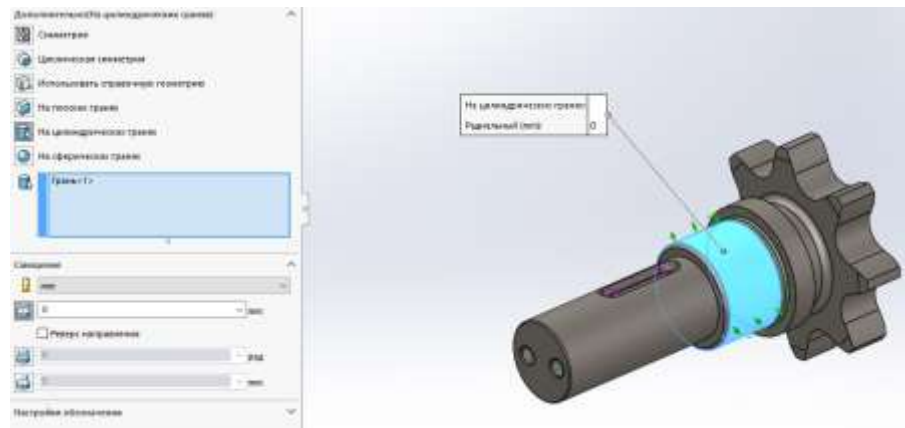


Рисунок 3.5 – Граничні умови «На циліндричну поверхню»

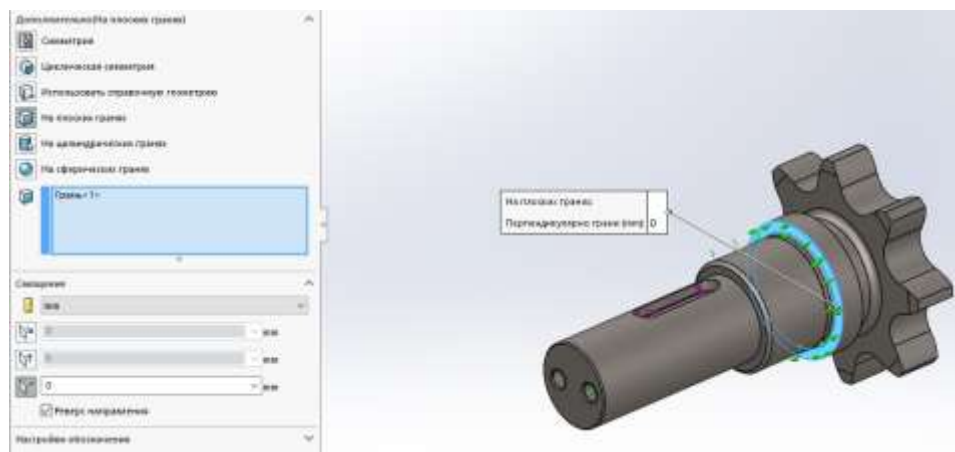


Рисунок 5.6 – Граничні умови «На поверхню торця»

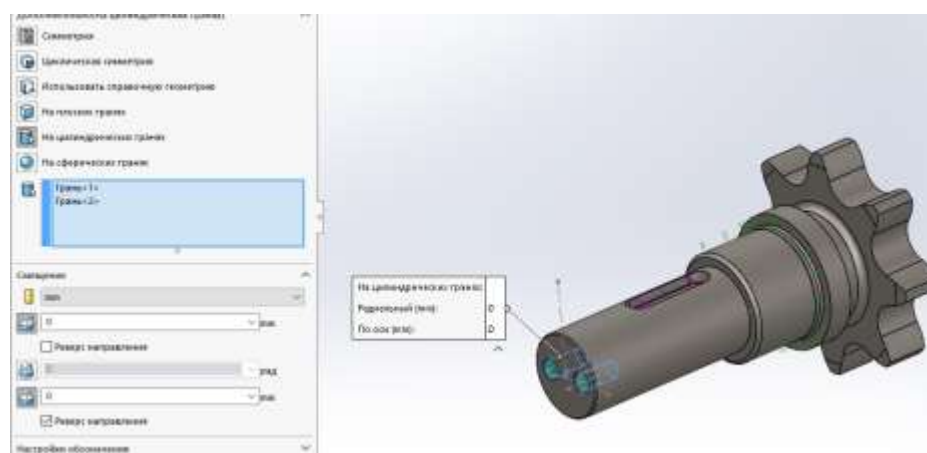


Рисунок 5.7 – Граничні умови «На циліндричні поверхні отворів»

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Для створення навантаження на бокові поверхні шпонкових пазів прикладаємо силу 10 000 Н, розрахуємо крутний момент, що діє на вал:

$$M = \frac{F \cdot d}{2} = \frac{10000 \cdot 0.045}{2} = 225 \text{ Нм (рис.5.8).}$$

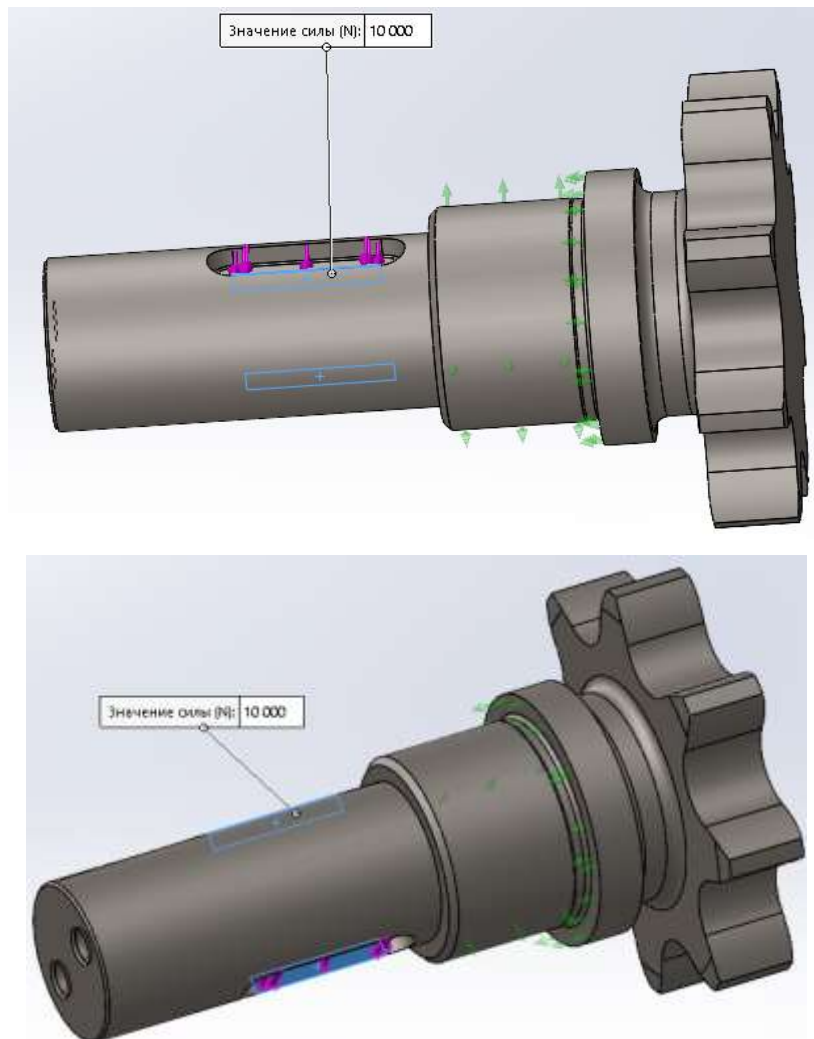


Рисунок 5.8 – Навантаження «Сила-1»

Максимальні еквівалентні напруження виникають в зоні скруглення шпонкового пазу 243 МПа (рис.5.9). Так як границя міцності $\sigma_{пл}=530$ МПа, то пластичних деформацій і статичного руйнування не відбудеться. Коефіцієнт запасу статичної міцності $n=530/243=2,18$.

					МР.ПМКм-001.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		89

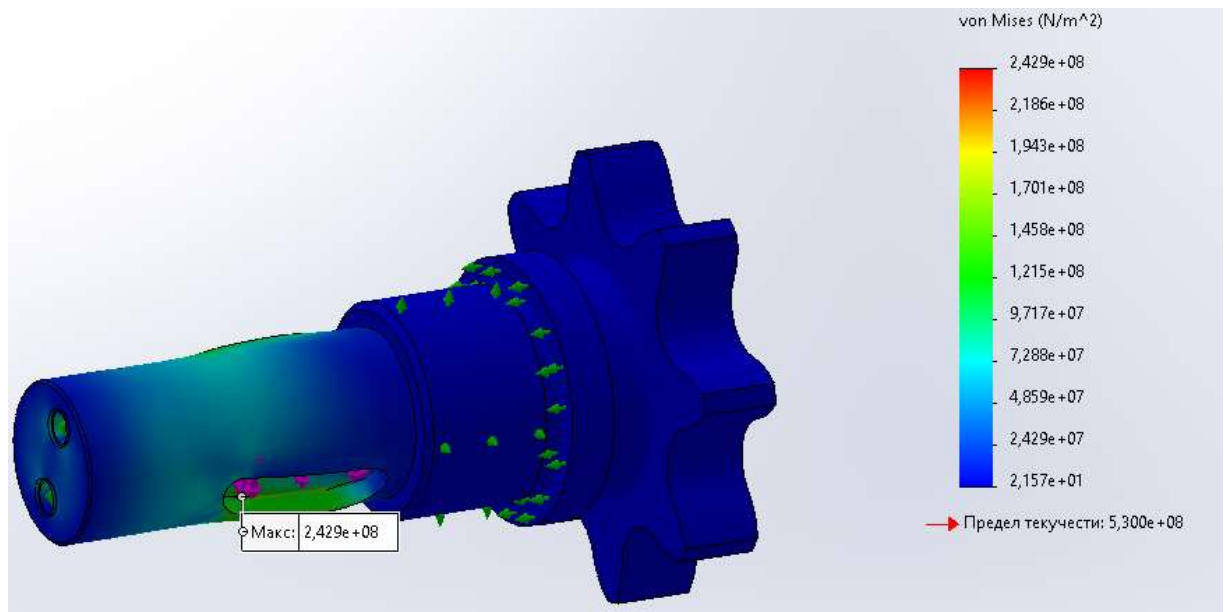


Рисунок 5.9 – Еквівалентні напруження за Мізесом-Губером (МПа)
 Максимальні переміщення виникають в зоні торця вала (рис. 5.10).

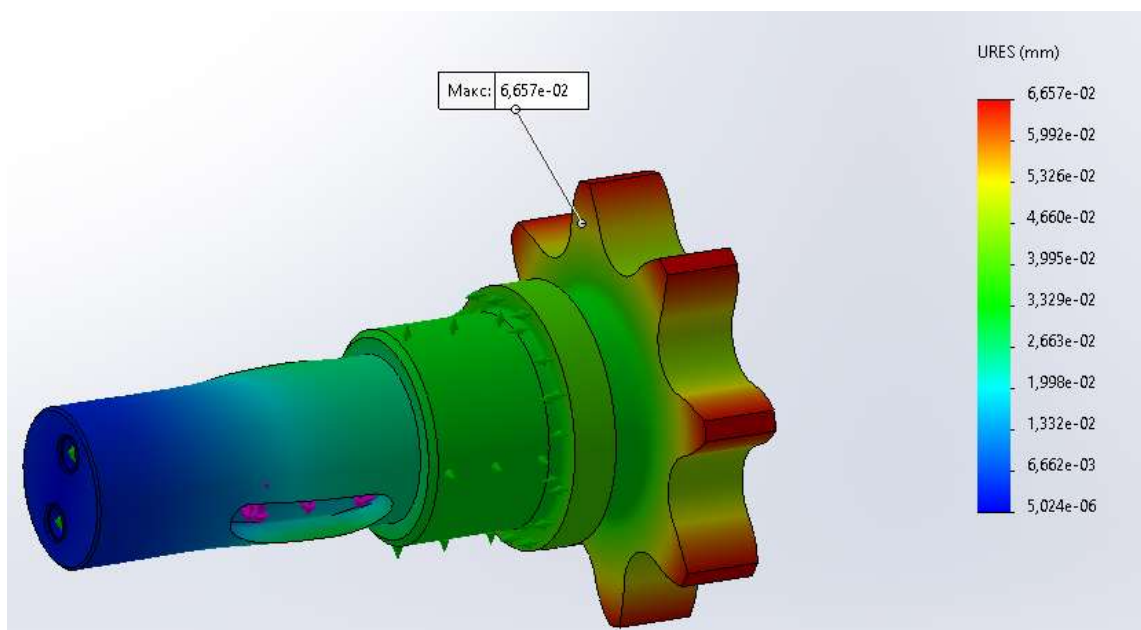


Рисунок 3.10 – Сумарні переміщення (мм)

Висновок: За заданих умов деталь має достатній запас статичної міцності ($n = 2,18$), що дає змогу знизити її масу шляхом проведення параметричної та топологічної оптимізації.

Задача параметричного дослідження конструкції.

Для проведення дослідження обираємо діаметр вала 35 мм. Повторення виконуються для трьох варіантів: 1 – 30 мм, 2 – 35 мм, 3 – 40 мм. Метою дослідження

					МР.ПМКм-001.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		90

є визначення залежності маси, еквівалентного напруження та переміщення від значення діаметра. Для цього необхідно активувати функцію «Виявити тенденцію» (рис. 5.11), після чого послідовно змінювати діаметр у моделі, перебудовувати сітку та запускати симуляцію для кожного варіанта.

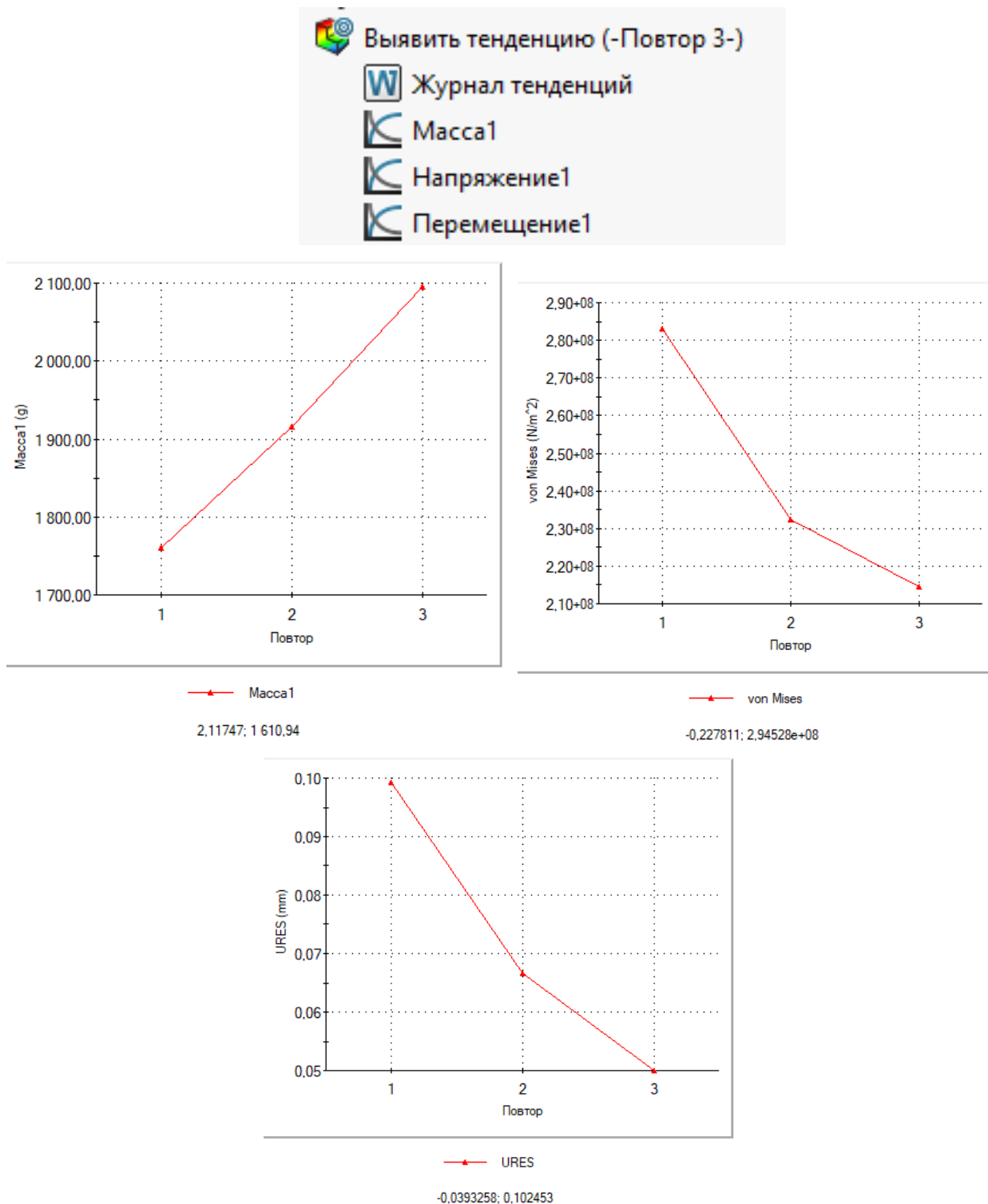


Рисунок 5.11– Результати параметричного дослідження «Виявити тенденцію»
 Помітно, що зменшення d зменшує масу та збільшує напруження і деформації.

Параметричне дослідження «Вивчення проектування»

Даний метод параметричного дослідження є більш автоматизованим, оскільки програма самостійно перебудовує модель та розраховує значення вихідних параметрів для кожної комбінації вхідних розмірів.

Для аналізу обрано два результуючі параметри — ширину ($t = 10$ мм) і висоту ($s = 5$ мм) шпонкового паза, за якими визначаються еквівалентне напруження та маса деталі (рис. 5.12). Крім того, встановлено обмеження за вагою та напруженням (рис.5.13).

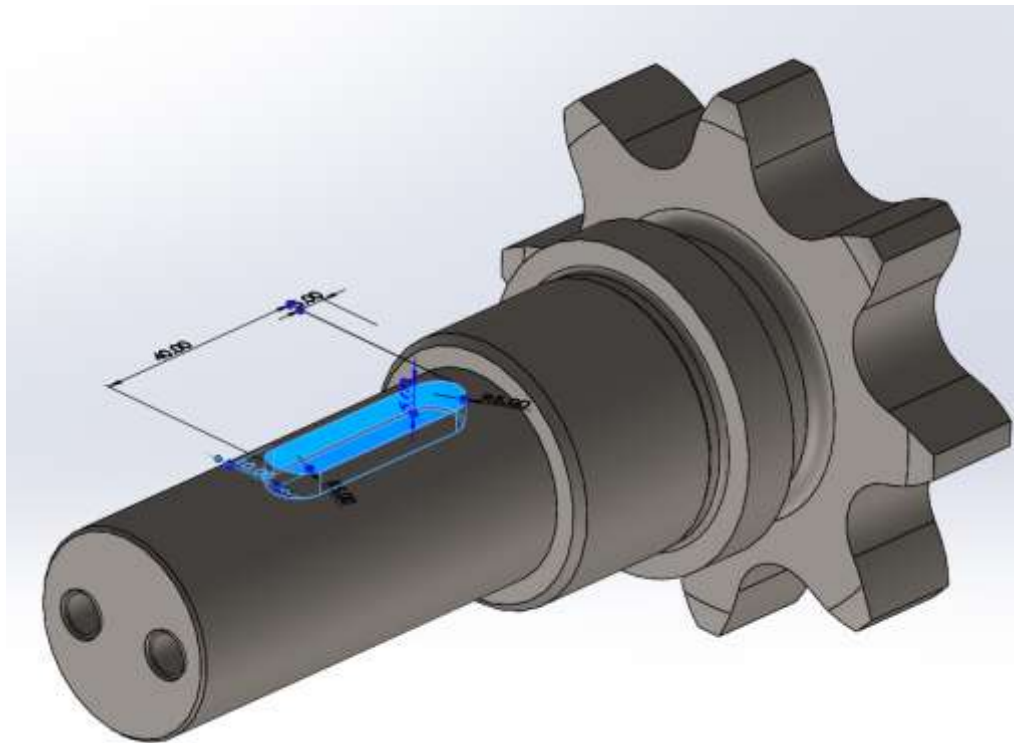


Рисунок 5.12 – Вибрані для дослідження параметри



Рисунок 5.13– Вибір результуючих і вихідних параметрів

Програма виконує розрахунки для 12 різних сценаріїв (рис. 5.14). Отримані результати можна зберегти у текстовому файлі формату CSV та відкрити в програмі Excel. Для побудови тривимірного графіка (рис. 5.15) необхідно перетворити отримані дані у табличний вигляд, скориставшись функцією Excel ТРАНСП.

	Титан	Нікель	Сплав № 1	Сплав № 2	Сплав № 3	Сплав № 4	Сплав № 5	Сплав № 6	Сплав № 7	Сплав № 8	Сплав № 9	Сплав № 10	Сплав № 11	Сплав № 12	
1	Вис	Вис	Вис	Вис	Вис	Вис	Вис	Вис	Вис	Вис	Вис	Вис	Вис	Вис	
2	Вис	Вис	Вис	Вис	Вис	Вис	Вис	Вис	Вис	Вис	Вис	Вис	Вис	Вис	
Модуль	2.4E+02	2.3277e+08 Па	2.3277e+08 Па	2.1827e+08 Па	2.7994e+08 Па	2.2855e+08 Па	4.8285e+08 Па	2.8798e+08 Па	2.2679e+08 Па	2.2811e+08 Па	3.0389e+08 Па	1.8754e+08 Па	2.0956e+08 Па	2.2622e+08 Па	2.5786e+08 Па
Маса	0.000001	1.81853	1.81853	1.83379	1.93069	1.92793	1.82567	1.82478	1.821074	1.91853	1.911457	1.81853	1.811457	1.894167	1.897364

Рисунок 5.15 - Результати параметричного дослідження

Таблиця 5.2 Результати, підготовлені для побудови 3D-графіків. Оптимальний варіант виділено жирним.

s, мм	3		5		7	
t, мм	σ	m	σ	m	σ	m
6	218370000	1,933769	2,08E+08	1,926476	1,87E+08	1,919183
8	279940000	1,93069	2,39E+08	1,921074	2,1E+08	1,911457
10	326560000	1,927939	2,35E+08	1,916053	2,36E+08	1,904167
12	402850000	1,925567	3,04E+08	1,911465	2,58E+08	1,897364

Залежності, наведені на рис. 5.12, демонструють, що зменшення параметрів t та s спричиняє зростання напружень. При цьому найбільший вплив на рівень напружень має саме параметр s. Крім того, цей параметр істотно впливає і на масу деталі (рис. 5.16, рис. 5.17).



Рисунок 5.16 – Залежність еквівалентних напружень від s і t

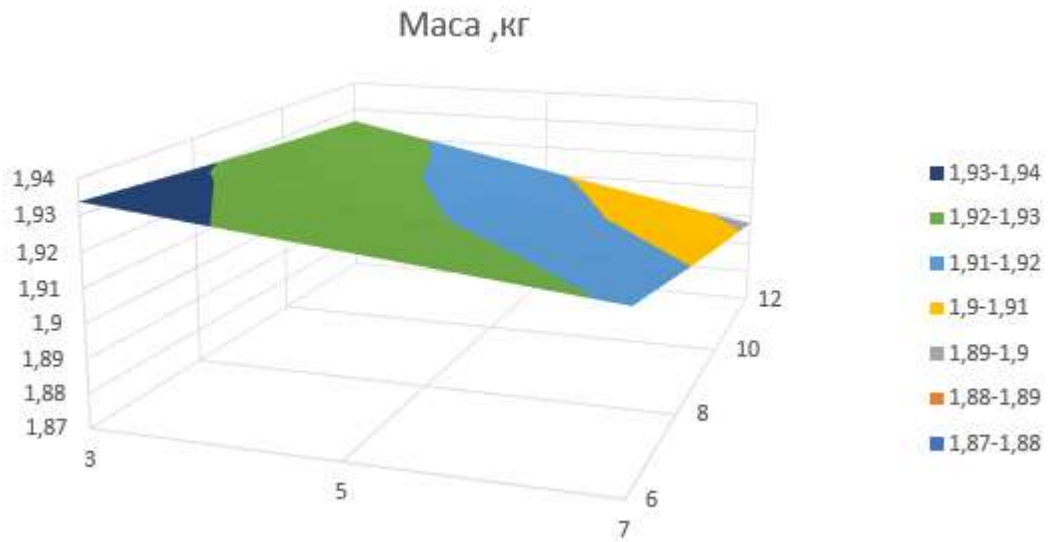


Рисунок 5.17 – Залежність маси від s і t

Висновки: З метою зменшення маси і напружень слід вибрати варіант конструкції $s=5$ мм, $t=10$ мм.

5.1 Задача топологічної оптимізації конструкції.

Це завдання належить до непараметричної оптимізації топології деталі, тобто спрямоване не на зміну окремих геометричних параметрів, а на пошук нового розподілу матеріалу в межах допустимої геометрії з урахуванням навантажень, умов кріплення та виробничих обмежень.

Виходячи з результатів попереднього дослідження, обираємо варіант із параметрами $s = 5$ мм і $t = 10$ мм. Залежно від призначення та умов експлуатації деталі визначаються цілі та обмеження (рис. 5.1.1). У даному випадку метою є досягнення найкращого співвідношення жорсткості до маси при встановленому обмеженні за масою (маса зменшується на 15% з 1,91 до 1,62кг).

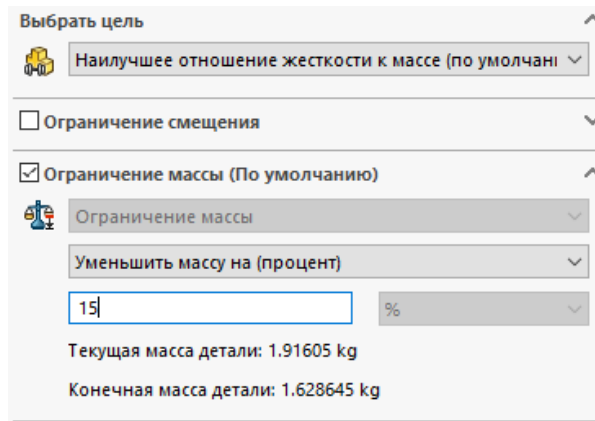


Рисунок 5.1.1 – Цілі і обмеження оптимізації

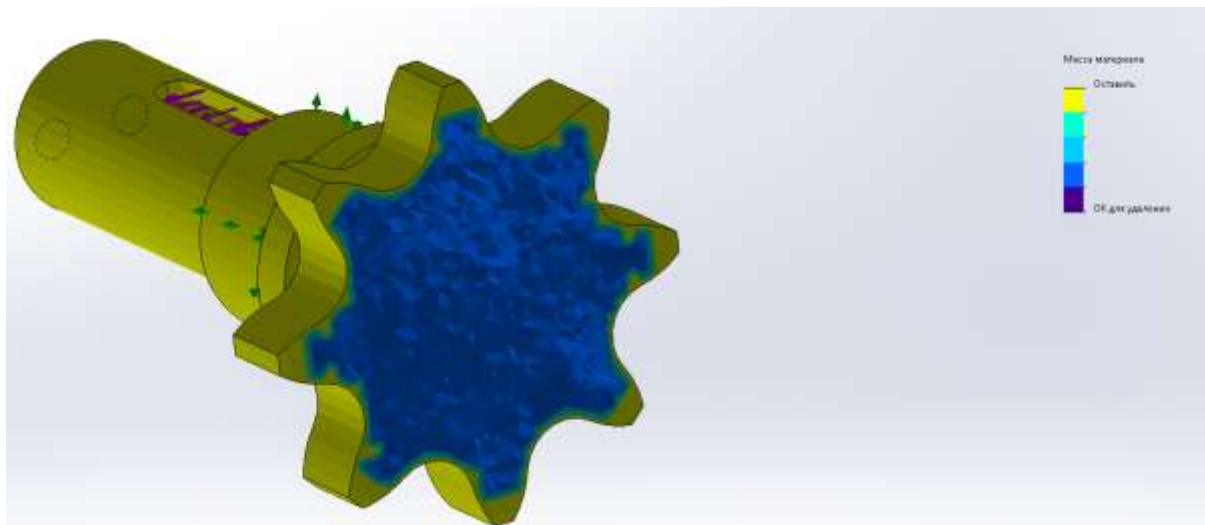


Рисунок 5.1.2– Початкові дані і результати оптимізації

З рисунка видно, що матеріал з сторони торця зірочки може бути видалено, В результаті маса зменшиться до 1,62 кг. Щоб реалізувати це видалення матеріалу, додаємо до параметричної моделі наступний виріз (рис. 5.1.3).

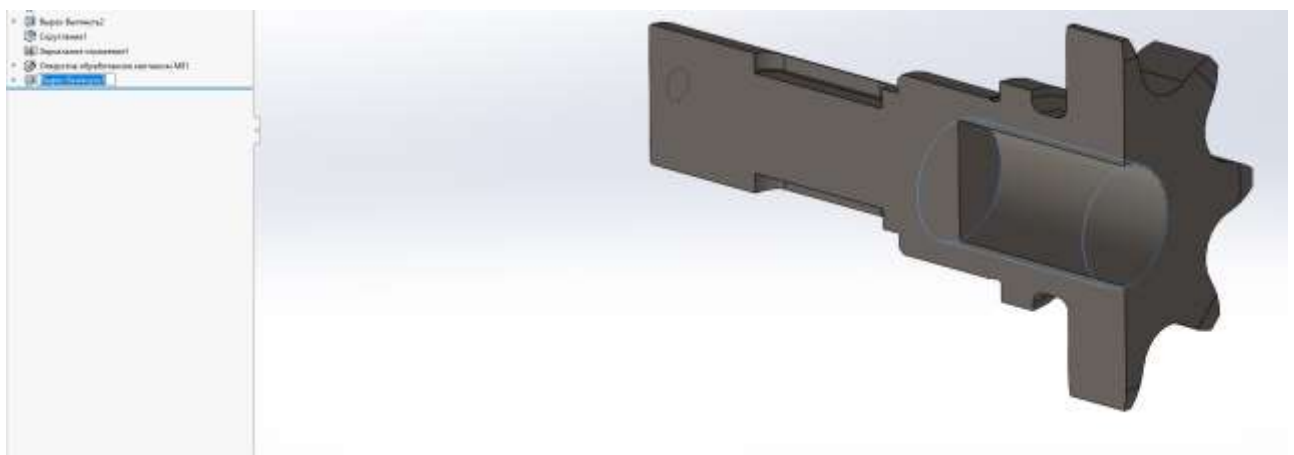


Рисунок 5.1.3 – Додаткові елементи параметричної моделі

Висновок: топологічна оптимізація дозволила зменшити масу до 1,62 кг без значної міни жорсткості деталі.

Обчислення циклічної довговічності.

Втома матеріалу — це процес поступового накопичення ушкоджень та поширення втомних тріщин під дією циклічних навантажень, які за значенням менші від навантажень, що викликають руйнування при статичній дії.

Дано: максимальне навантаження циклу 10000 Н, мінімальне — 0 Н (коефіцієнт асиметрії $R = 0$), характеристика S–N для сталі 45, кількість циклів $n = 100000$.

Проведемо статичне дослідження для останнього оптимального варіанту конструкції. Потім створюємо дослідження «Втома» з постійною амплітудою і вводимо відповідні параметри (рис. 5.1.4). У розділі «Навантаження» необхідно додати подію і вказати $R = 0$, $n = 100000$ та «Масштаб» = 1. Слід зауважити: за замовчуванням корекція впливу середнього напруження вимкнена, що призводить до завищеної оцінки циклічної довговічності; за потреби її можна увімкнути у властивостях задачі.



Рисунок 5.1.4 – Вхідні дані і результати (а)
та крива втоми для сталі 45 для $R=0$ (б)

Обчислені значення коефіцієнту запасу втомної міцності показані на рис. 5.1.5.

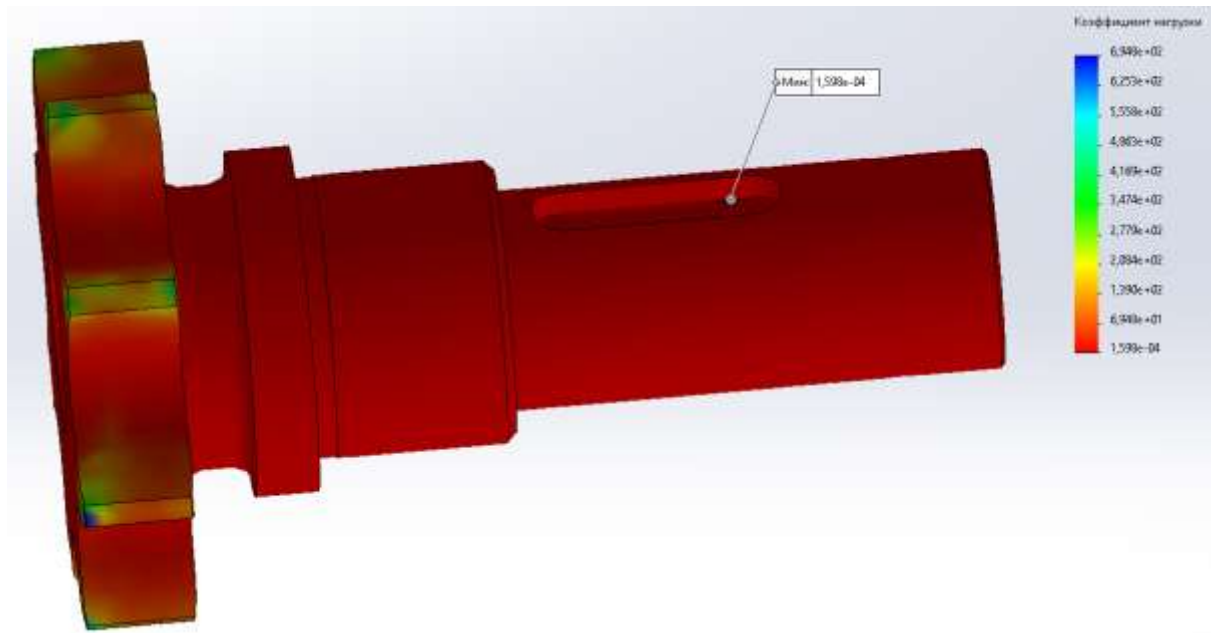


Рисунок 5.1.5– Коефіцієнт запасу втомної міцності

Висновок: Мінімальне значення 0.000159 знаходиться в зоні скруглення шпонкового пазу. Це означає, що навантаження не варто збільшувати.

5.2 Аналіз лінійних вільних та вимушених гармонічних коливань деталі

Вільні коливання виникають у конструкції внаслідок початкового збурення та відбуваються під дією внутрішніх сил інерції й пружності, без впливу зовнішніх періодичних сил.

Форми та частоти (власні частоти) таких коливань визначаються виключно властивостями самої конструкції — її масовою та жорсткісною матрицями (рис. 5.2.1).

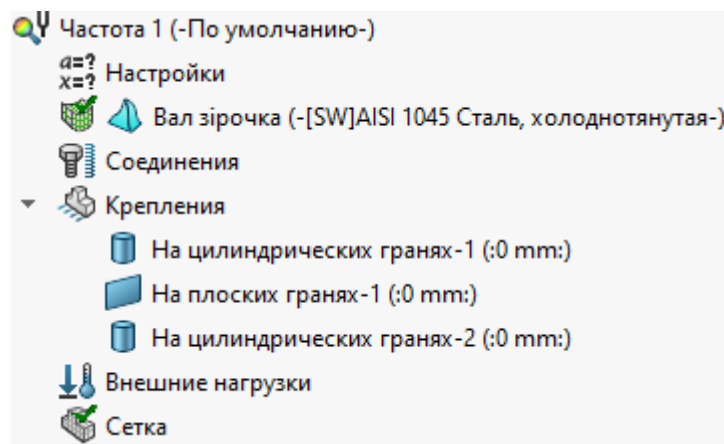


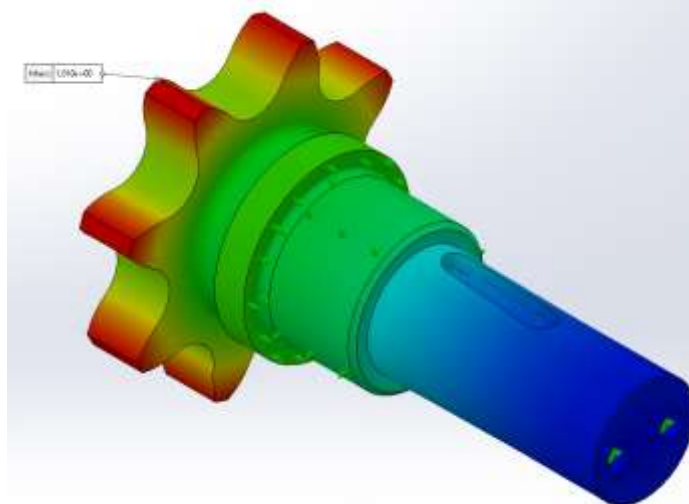
Рис.5.2.1 – Вхідні дані

					МР.ПМКм-001.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		97

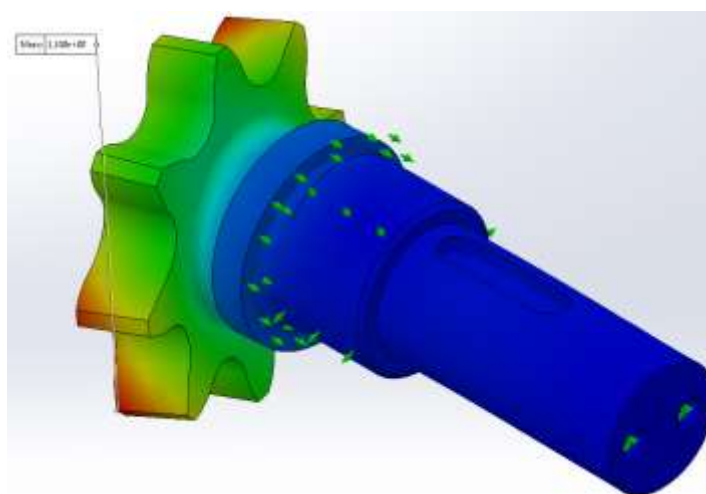
Значення перших п'яти власних частот показано в таблиці 5.2.1. Форми коливань як відносні і безрозмірної значення амплітуди показані на рис 5.2.2.

Таблиця 5.2.1 – Нормалізований вплив маси

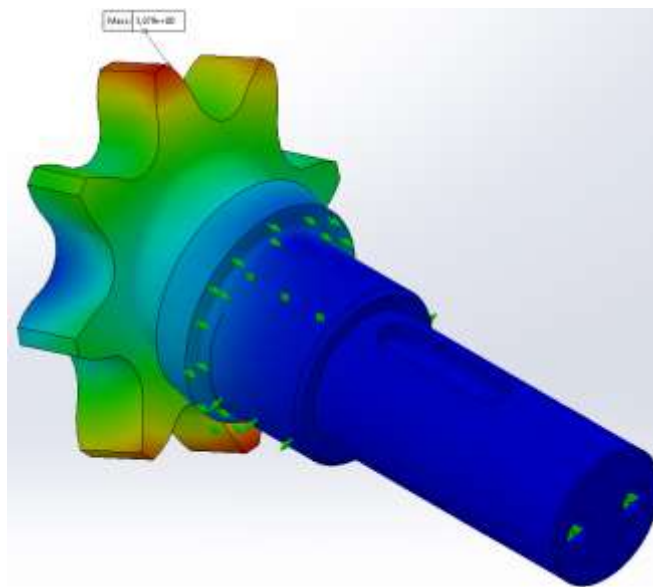
No.	Частота (Герц)	Напрямок X	Напрямок Y	Напрямок Z
1	1 997,4	2,02E-10	1,54E-09	4,53E-14
2	6 741,5	0,059469	0,23167	2,62E-07
3	6 747,3	0,23258	0,059344	3,03E-07
4	10 480	2,14E-06	1,04E-06	0,76345
5	11 290	0,0094544	0,13488	3,25E-06
	Сума	X = 0,30151	Y = 0,42589	Z = 0,76345



а



б



В

Рис. 5.2.2 – Форми вільних коливань: а- 1 997,4 Гц, б-6 747,3 Гц, в-11 290 Гц

Висновок. Аналіз перших п'яти власних частот показує, що найбільші радіальні деформації циліндричної поверхні спостерігаються при частотах 6747,3 Гц та 11 290 Гц.

Вимушені гармонічні коливання.

Цей тип аналізу дає змогу визначити амплітуди деформацій та напружень конструкції під дією гармонічного навантаження, коли сила змінюється за синусоїдальним законом.

Розрахунки виконуються для ряду частот у заданому діапазоні з певним інтервалом і можуть займати значний час.

Вхідні параметри (рис. 5.2.3):

- 1) діапазон частот — від 0 до 11300 Гц (визначено на основі результатів попереднього модального аналізу);
- 2) застосовується модальне демпфування з урахуванням демпфування матеріалу;
- 3) коефіцієнт демпфування матеріалу — приблизно 0,01 (для цього потрібно створити відповідний матеріал у базі даних);
- 4) граничні умови та навантаження задаються аналогічно статичному аналізу, але вказується амплітуда гармонічного навантаження;
- 5) амплітуда сили — 10000 Н.

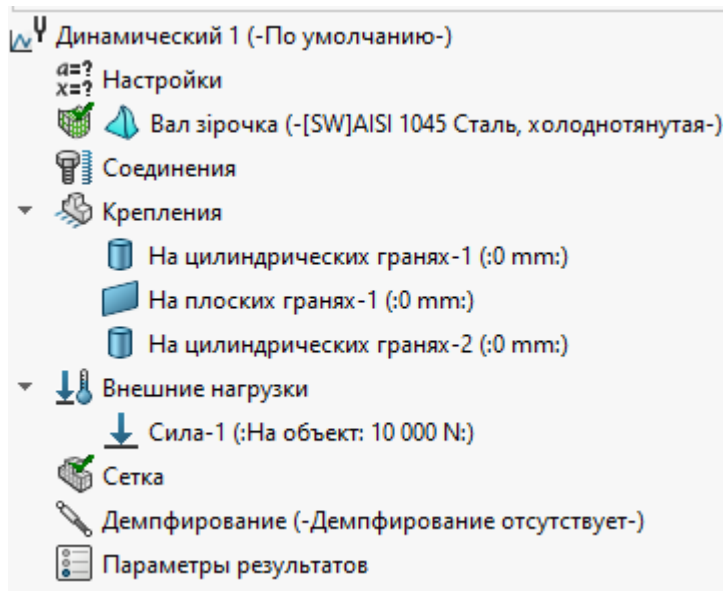


Рис. 5.2.3– Вхідні дані

Амплітудно-частотні характеристики (графіки відгуку) для вибраних вузлів (рис. 5.2.4) показують, що резонансна частота становить близько 2100 Гц. Навіть із урахуванням демпфування амплітуди переміщень і напружень у діапазоні частот 250–6650 Гц залишаються надто великими. З огляду на можливість виникнення втомного руйнування конструкції, слід уникати роботи в цьому частотному діапазоні під дією зовнішніх гармонічних навантажень.

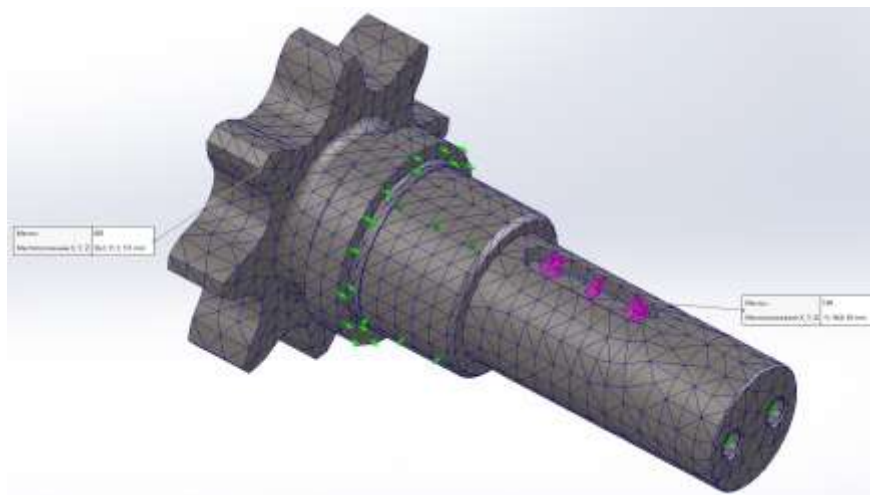


Рисунок 5.2.4- Обрані вузли для визначення амплітуди деформацій

					МР.ПМКм-001.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		100

График отклика

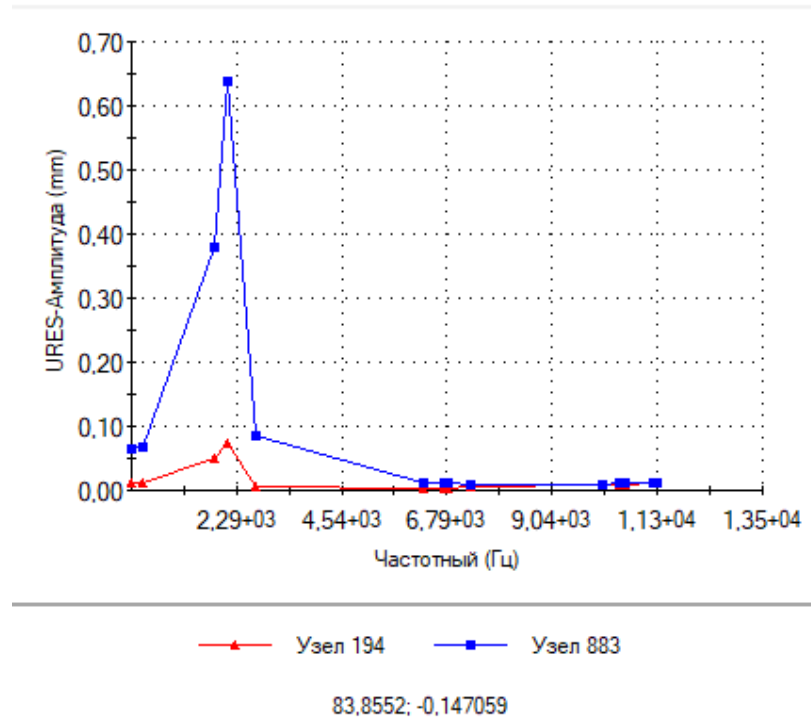


Рисунок 5.2.5– Амплітуда переміщень в вузлах 194 і 883

График отклика

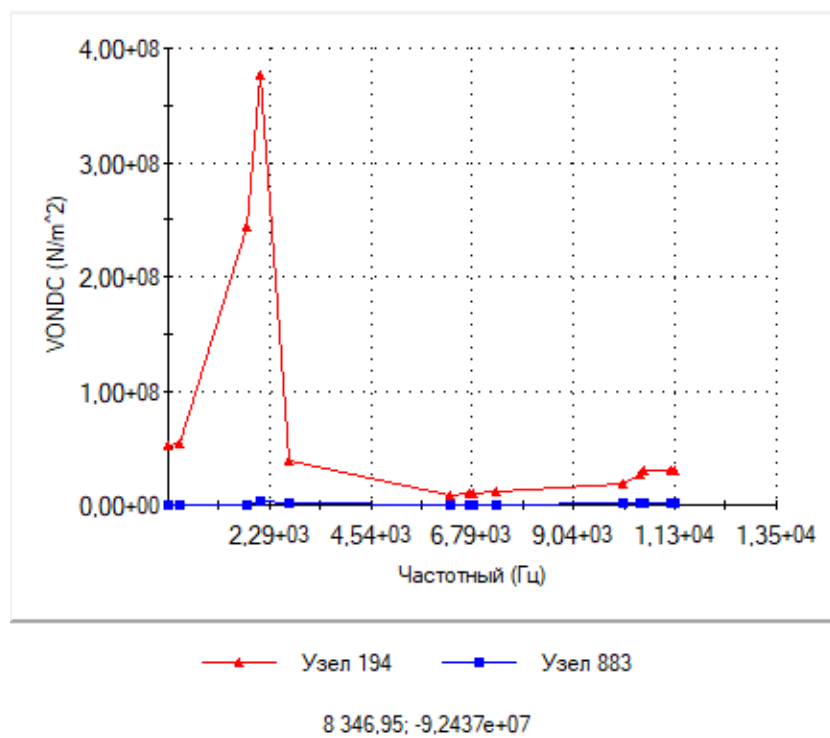


Рисунок 5.2.6 Амплітуда еквівалентних напружень вузлах 194 і 883

Висновок: Для уникнення значних деформацій і втомного руйнування слід уникати робочих частот в зоні 250-6650 Гц.

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. Добрянський С.С., Малафеев Ю.М., Пуховський Є.С. П27 Проектування і виробництво заготовок / підручник.– К.: НТУУ «КПІ», 2014.–353 с.
4. Петрина Ю.Д., Гаврилів Ю.Л., Пітулей Л.Д., Лукань Т.В. Технологічні методи виробництва заготовок: Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи.- Івано-Франківськ: Факел, 2008. -50 с.
5. Sandvik Coromant. Cutting data calculation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.sandvik.coromant.com/en-gb/products/toolguide/cutting-data-calculation>
6. HAAS Automation Inc. CNC Machine Tools [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.haascnc.com>
7. DMG MORI. Machine Tools [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.dmgmori.com>
8. Schunk GmbH & Co. KG. Toolholding and Workholding Systems [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://schunk.com>
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.

					MP.ПМКм-001.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		102

11. Кремнев Г. П. Основи технології виробництва машин : навчальний посібник / Г. П. Кремнев, В. М. Колесник, Ф. В. Новіков, В. О. Жовтобрюх. Дніпро : ЛІРА, 2022. 136 с. ISBN 978-966-981-630-6

12. Паливода Ю. Є. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки : навчально-методичний посібник / Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – 240 с.

13. Карпик Р. Т. Технологічна оснастка. Методичні вказівки. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2020— 120с.

14. Технологічне оснащення. Методичний посібник до виконання індивідуального конструкторського проекту при проектуванні затискних верстатних пристроїв для студентів напряму підготовки 6.050502 Інженерна механіка / Т.В. Біркіна, В.В. Зіль, В.І. Холоша. – Д.: Національний гірничий університет, 2012 – 73 с.

15. 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.

16. 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.

					МР.ПМКм-001.00.00.000 ПЗ	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		103

Висновки

У результаті виконання магістерської роботи розроблено раціональний технологічний процес виготовлення деталі «Вал-зірочка ТУМ-150В.14.00.012», який відповідає умовам середньосерійного виробництва.

Проведено аналіз конструкції деталі та визначено основні технологічні бази, допуски і шорсткість поверхонь, що забезпечує необхідну точність складання.

Обґрунтовано вибір способу отримання заготовки — штампованої поковки, що забезпечує економію матеріалу та підвищення якості поверхонь.

Спроектовано технологічний процес обробки, визначено послідовність операцій, розраховано припуски, режими різання, а також міжопераційні розміри.

Розроблено конструкторську документацію на пристрій для виконання операції 040, розраховано його основні параметри та підтверджено працездатність конструкції.

Виконано вибір сучасного верстатного обладнання (HAAS ST-28L, DMG MORI CTX Alpha 500 V6, HAAS MINI MILL) і ріжучого інструменту від провідних виробників, що забезпечує стабільну якість обробки.

Створено керуючі програми для операцій 010–040, які забезпечують автоматизовану обробку деталі на верстатах із ЧПК.

Проведено параметричне дослідження та топологічну оптимізацію конструкції, визначено оптимальні параметри жорсткості та коливальних характеристик.

Отримані результати свідчать про можливість зниження трудомісткості, підвищення точності та економічності виготовлення деталі.

Розроблені рішення можуть бути використані в умовах машинобудівних підприємств під час удосконалення технологічних процесів виготовлення деталей типу «вал-зірочка» для редукторів і приводних механізмів.

					MP.ПМКм-001.00.00.000 ПЗ	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		104

Додатки

					<i>MP.ПМКм-001.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		105

Дубл.			
Взамін.			
Підпис			

Зм	Ар	№ док.	Підпис	Дата

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

				І Ф Н Т У Н Г		ПМКМ-24-1				
Вал-зірочка ТУМ-150В.14.00.012									Н	

«Затверджую»

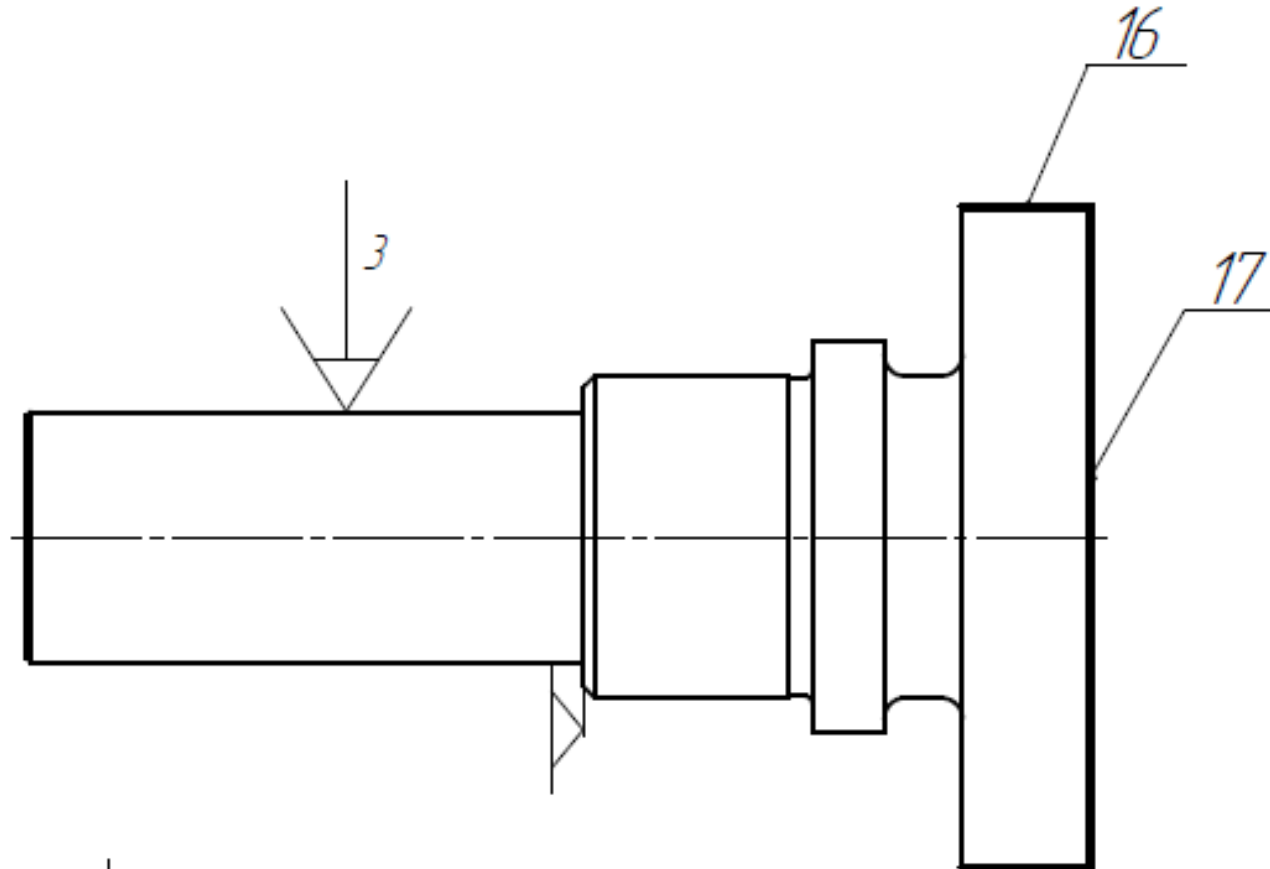
Зав.кафедрою КМВ
Панчук В.Г.

**КОМПЛЕКТ
технологічної
документації**

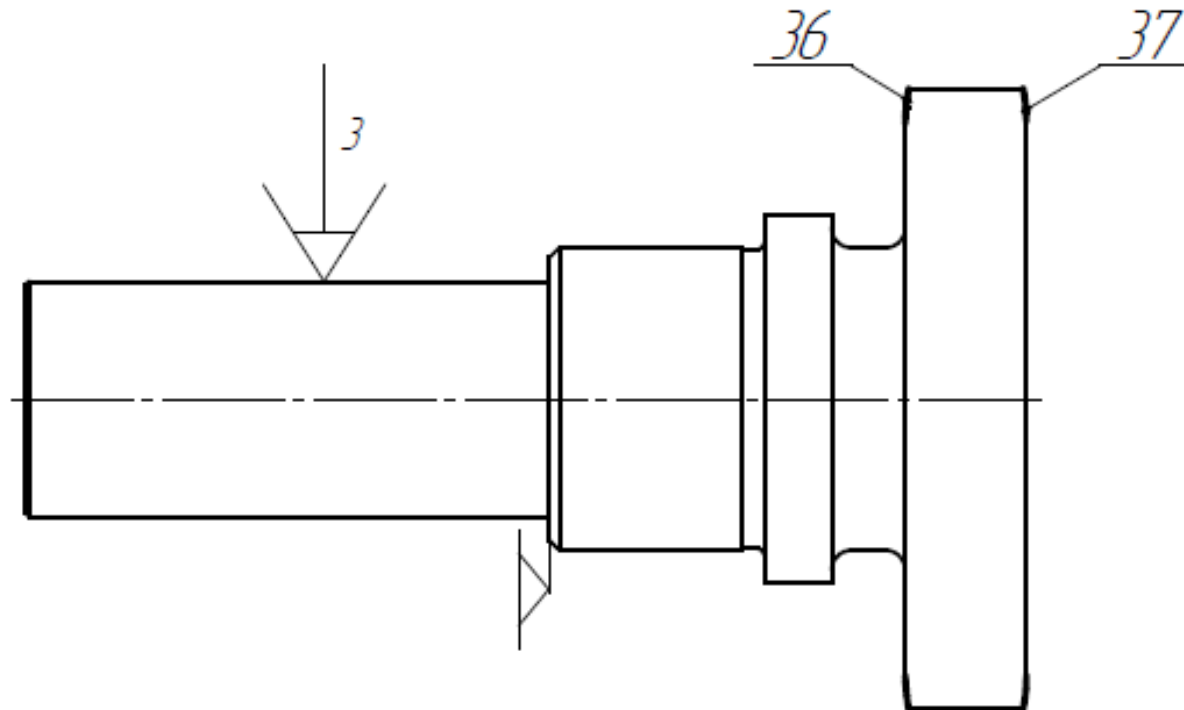
Технологічний процес
механічної обробки
Вал-зірочка ТУМ-150В.14.00.012

Розробив ст.гр.ПМКм-24-1
Бальошенко А.О
Перевірів:
Лукань Т.В.

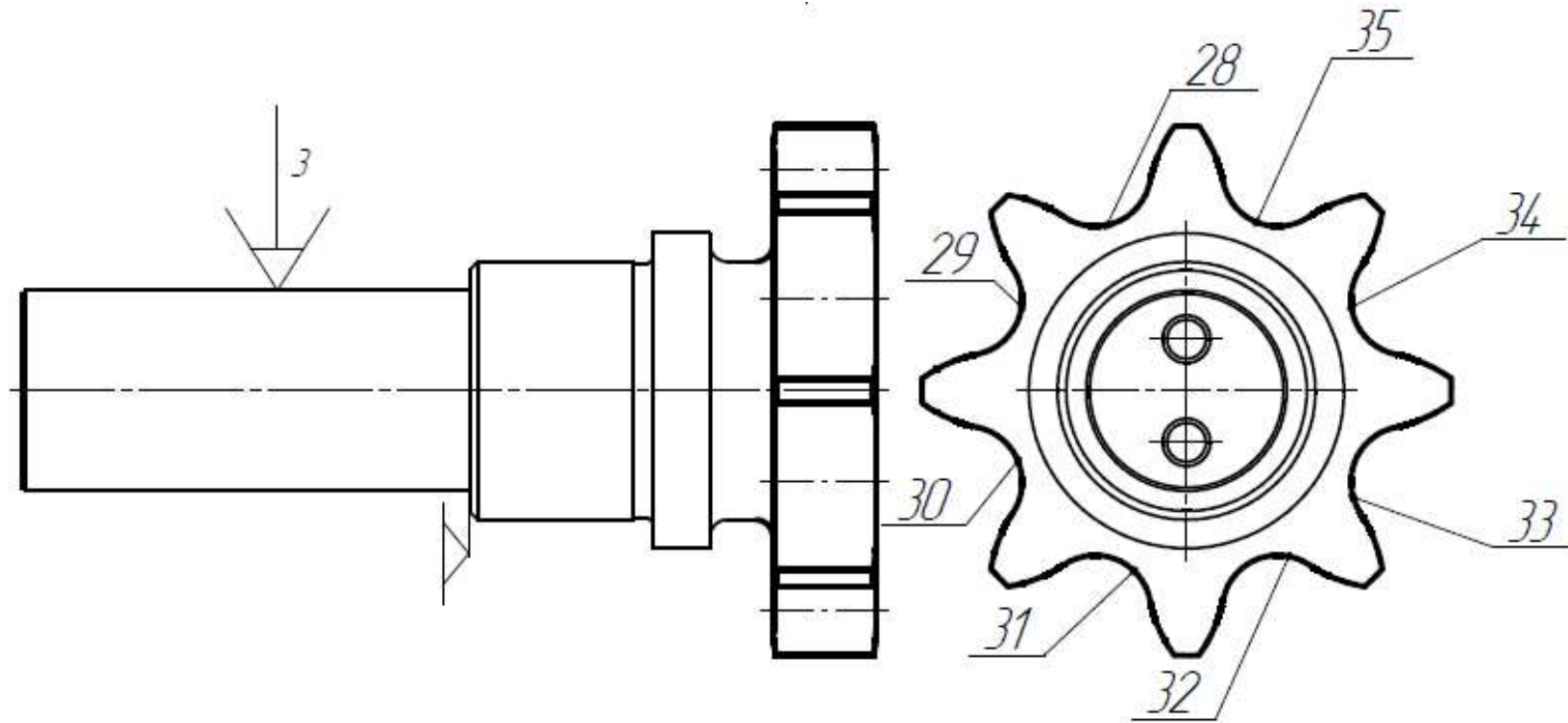
Дубл.														
Взамін.														
Підпис														
														1
Розробив	Бальошенко А.О		08.05.25	І Ф Н Т У Н Г	МР.ПМКм-001.00.00.000	0735.44241.00112								
Перевірів	Лукань Т.В.													
Н. Контр.	Лукань Т.В.													
Реценз.				ПМКм-24-1						010				
Затв.	Панчук В.Г.			Вал-зірочка ТУМ-150В.14.00.012										



Дубл.														
Взамін.														
Підпис														
														3
Розробив	Бальошенко А.О		08.12.25	І Ф Н Т У Н Г	МР.ПМКм-001.00.00.000	0735.44241.00112								
Перевірів	Лукань Т.В.													
Н. Контр.	Лукань Т.В.													
Реценз.				ПМКм-24-1								030		
Затв.	Панчук В.Г.			Вал-зірочка ТУМ-150В.14.00.012										



Дубл.														
Взамін.														
Підпис														
														5
Розробив	Бальошенко А.О		08.12.25	І Ф Н Т У Н Г	МР.ПМКм-001.00.00.000	0735.44241.00112								
Перевірів	Лукань Т.В.													
Н. Контр.	Лукань Т.В.													
Реценз.						ПМКм-24-1						050		
Затв.	Панчук В.Г.					Вал-зірочка ТУМ-150В.14.00.012								

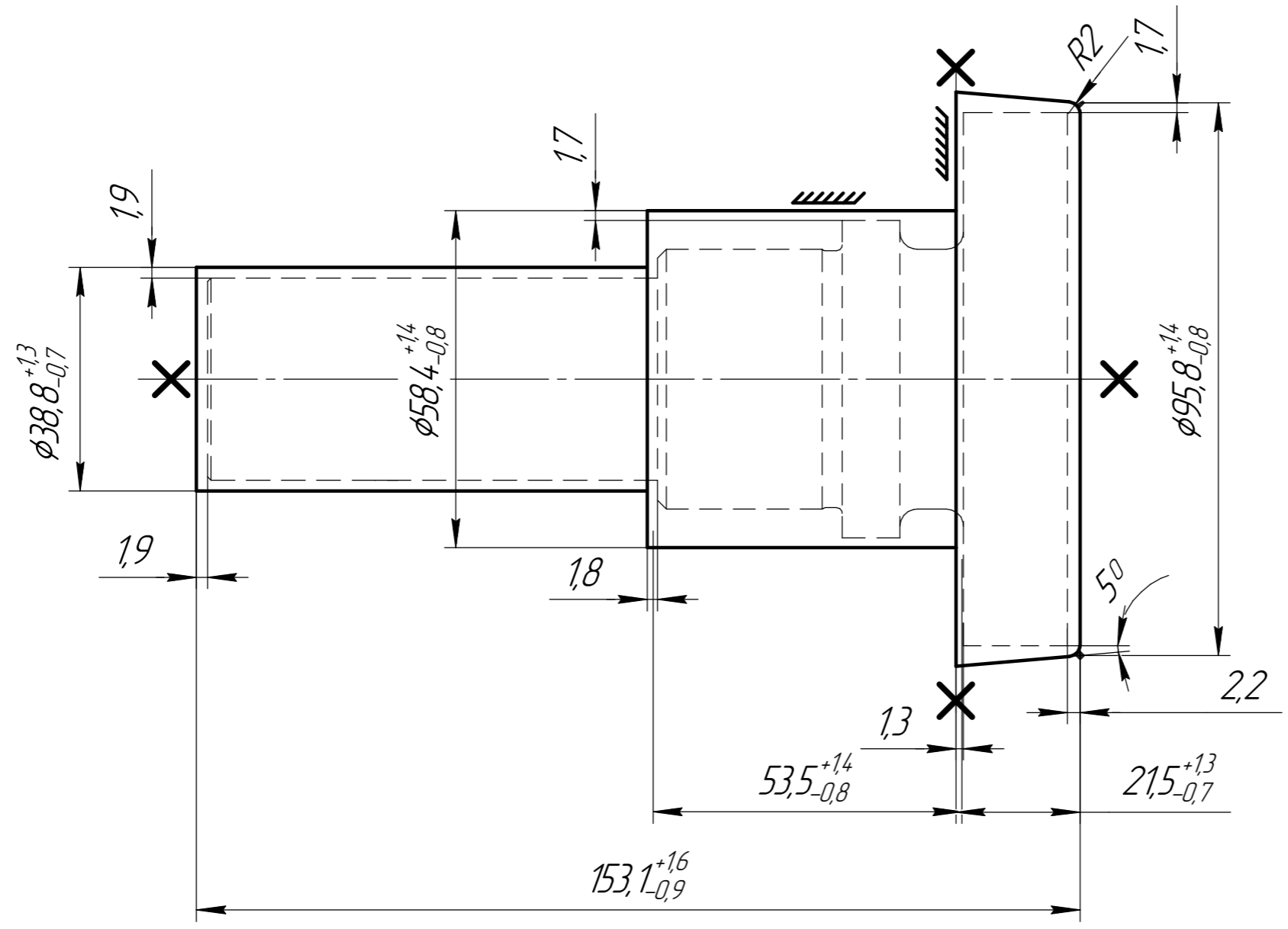


Формат	Зона	Позн.	Позначення	Найменування	Кількість	Прим.
				<i>Документація</i>		
A1			<i>МР.ПМКМ-001.03.00.000 СК</i>	<i>Складальне креслення</i>		
				<i>Складальні одиниці</i>		
		1	<i>МР.ПМКМ-001.03.01.001</i>	<i>Пневмоциліндр</i>	1	
				<i>Деталі</i>		
		2	<i>МР.ПМКМ-001.03.00.001</i>	<i>Плита</i>	1	
		3	<i>МР.ПМКМ-001.03.00.002</i>	<i>Напрямна шпонка</i>	2	
		4	<i>МР.ПМКМ-001.03.00.004</i>	<i>Поршень</i>	1	
		5	<i>МР.ПМКМ-001.03.00.005</i>	<i>Прокладка</i>	1	
		6	<i>МР.ПМКМ-001.03.00.006</i>	<i>Шток</i>	1	
		7	<i>МР.ПМКМ-001.03.00.007</i>	<i>Прижим</i>	1	
		8	<i>МР.ПМКМ-001.03.00.008</i>	<i>Упорний шток</i>	1	
		9	<i>МР.ПМКМ-001.03.00.009</i>	<i>Опорна підставка</i>	1	
		10	<i>МР.ПМКМ-001.03.00.010</i>	<i>Опорна підставка</i>	1	
		11	<i>МР.ПМКМ-001.03.00.011</i>	<i>Упор деталі</i>	1	
		12	<i>МР.ПМКМ-001.03.00.012</i>	<i>Упор каретки</i>	1	
		13	<i>МР.ПМКМ-001.03.00.013</i>	<i>Платформа</i>	1	
		14	<i>МР.ПМКМ-001.03.00.014</i>	<i>Центр</i>	2	
		15	<i>МР.ПМКМ-001.03.00.015</i>	<i>Рейка</i>	1	
		16	<i>МР.ПМКМ-001.03.00.016</i>	<i>Каретка</i>	1	
				<i>Стандартні вироби</i>		
				<i>Гвинт ДСТУ ISO 4762</i>		

					<i>МР.ПМКМ-001.03.00.000</i>			
<i>Зм</i>	<i>Арк.</i>	<i>№Докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Бальошенко</i>			<i>Пристрій фрезерний</i>	<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Лукань Т.В.</i>				<i>н</i>	<i>1</i>	<i>2</i>
<i>Рецензент</i>						<i>ІФНТУНГ ПМКМ-24-1</i>		
<i>Н.контр.</i>		<i>Лукань Т.В.</i>						
<i>Затв.</i>		<i>Панчук В.Г.</i>						

MP.ПМКМ-001.02.00.000

Перв. примен.
Справ. №
Подп. и дата
Инв. № дробл.
Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл.



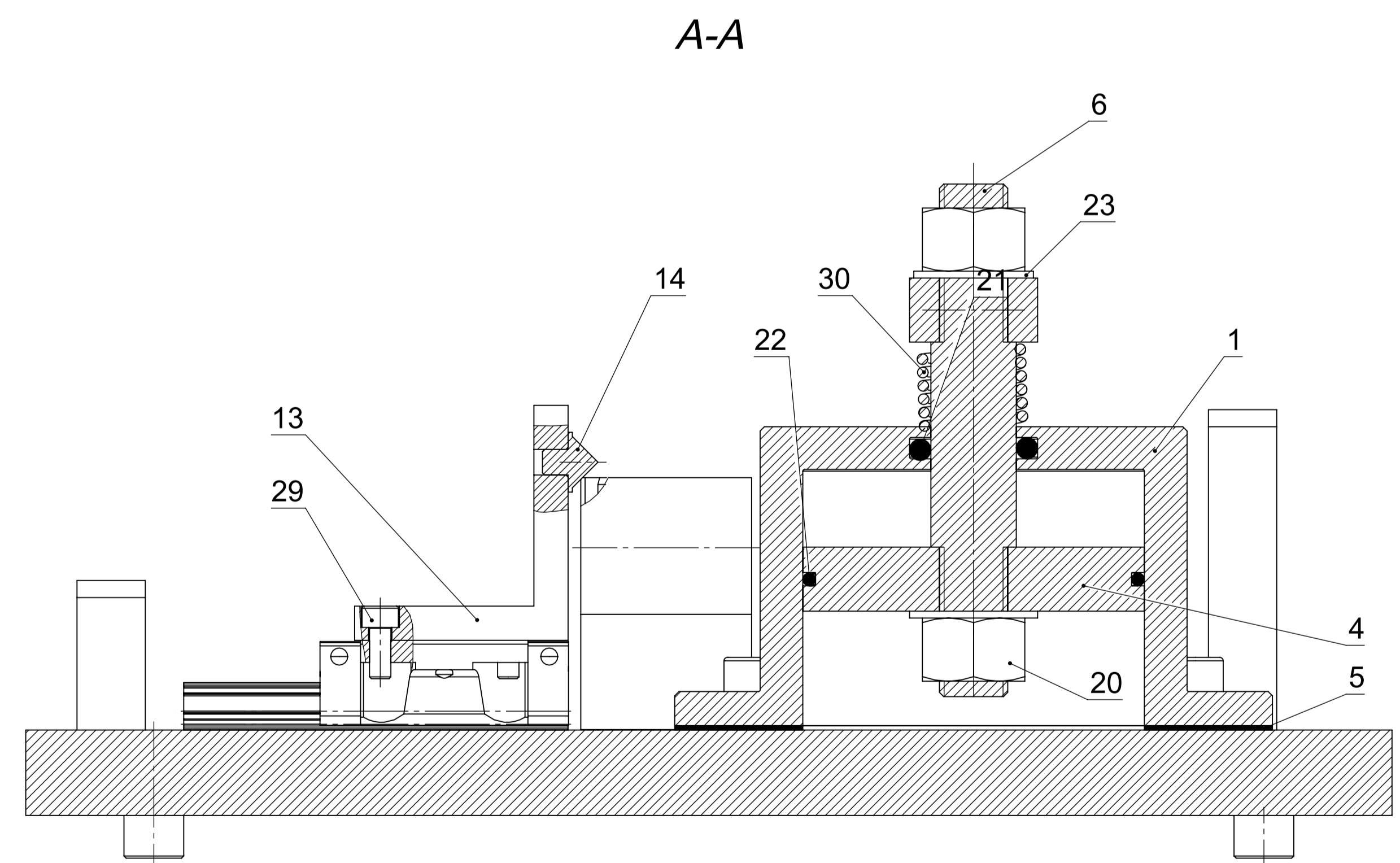
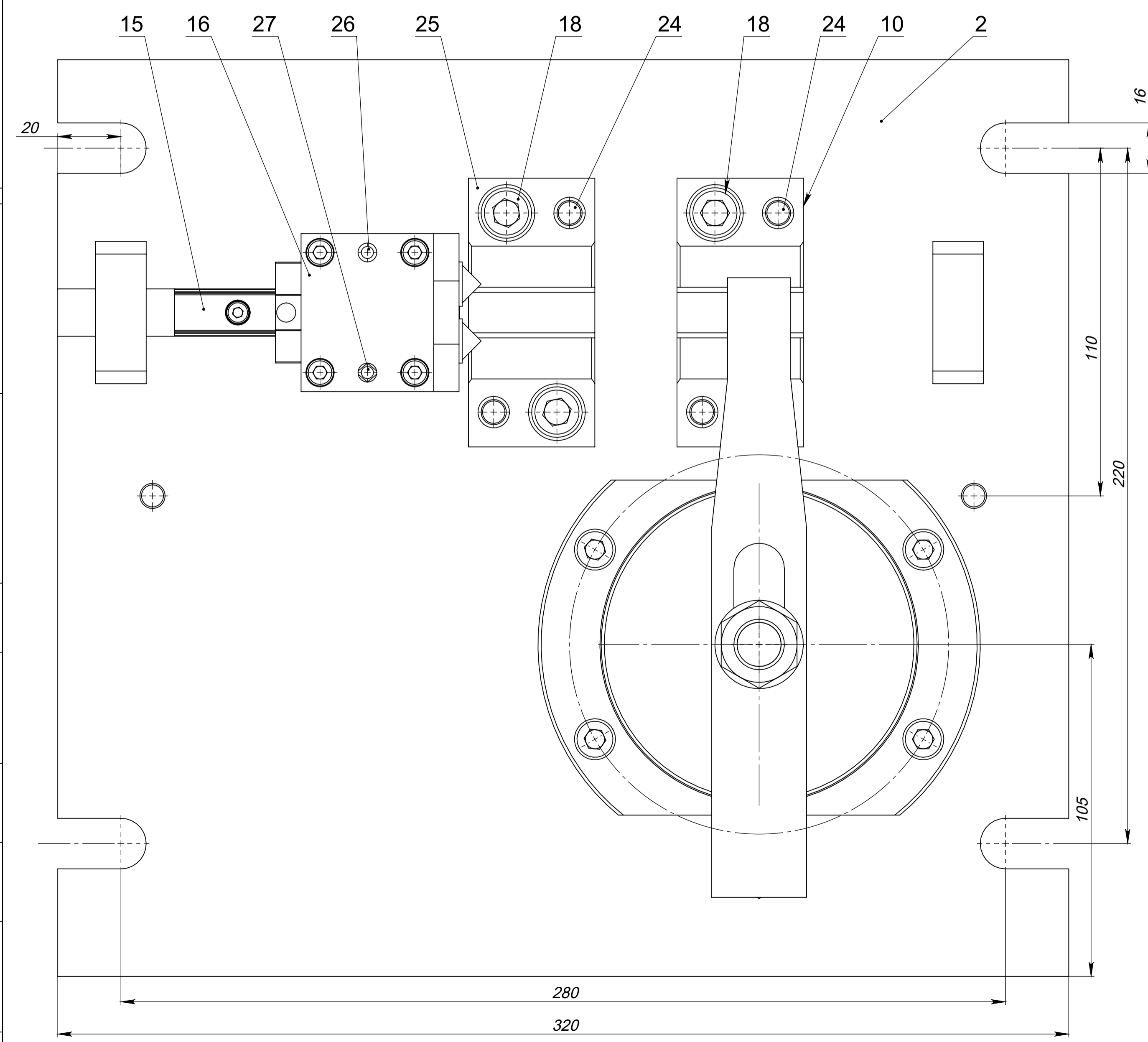
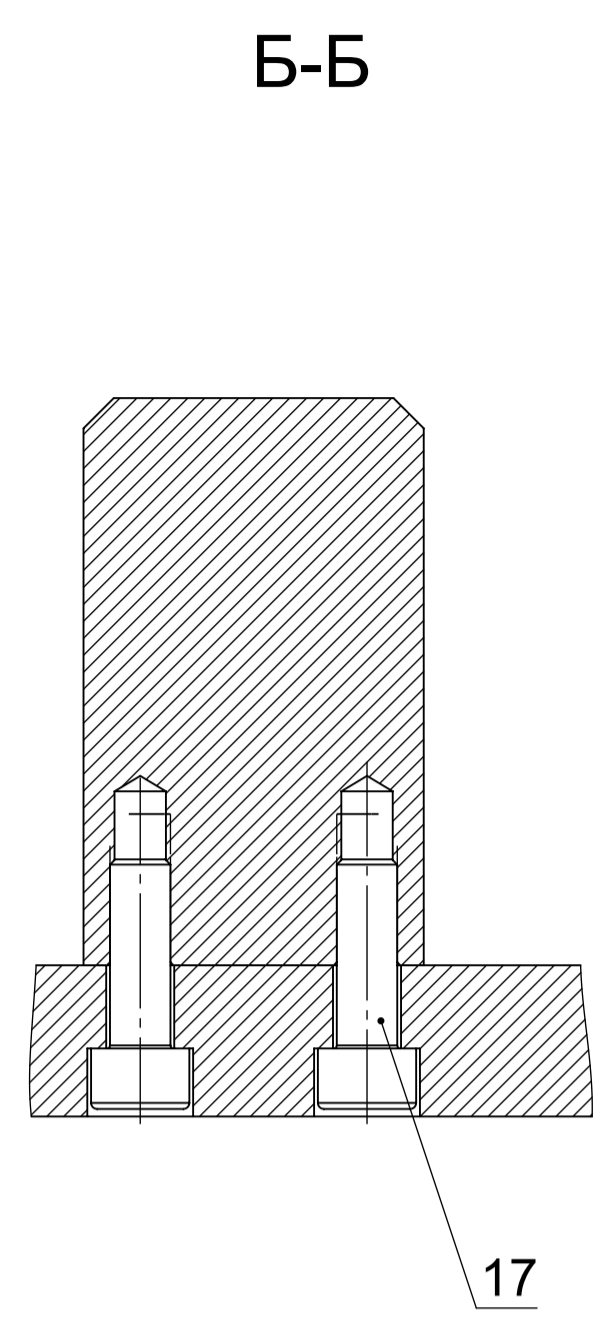
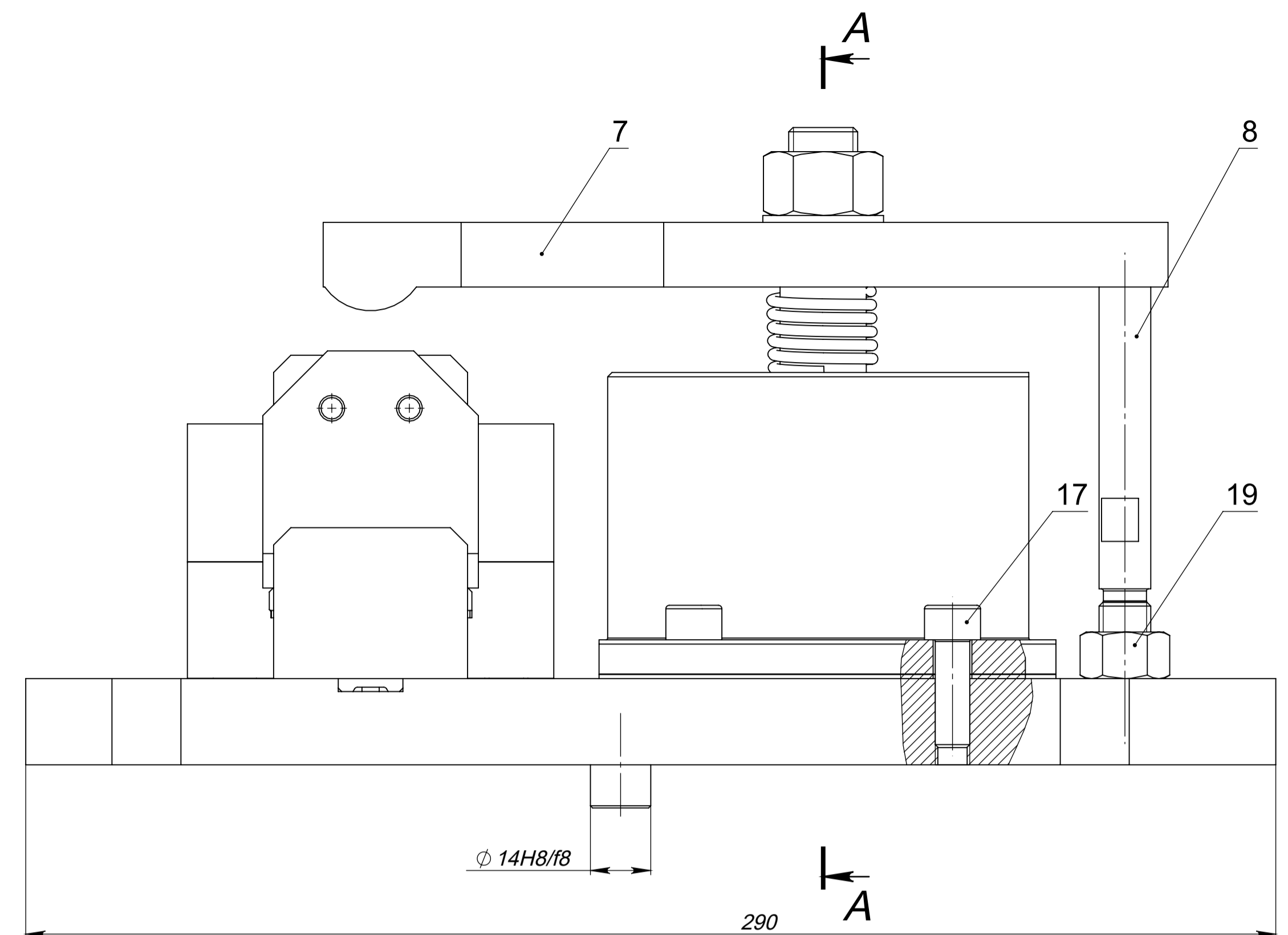
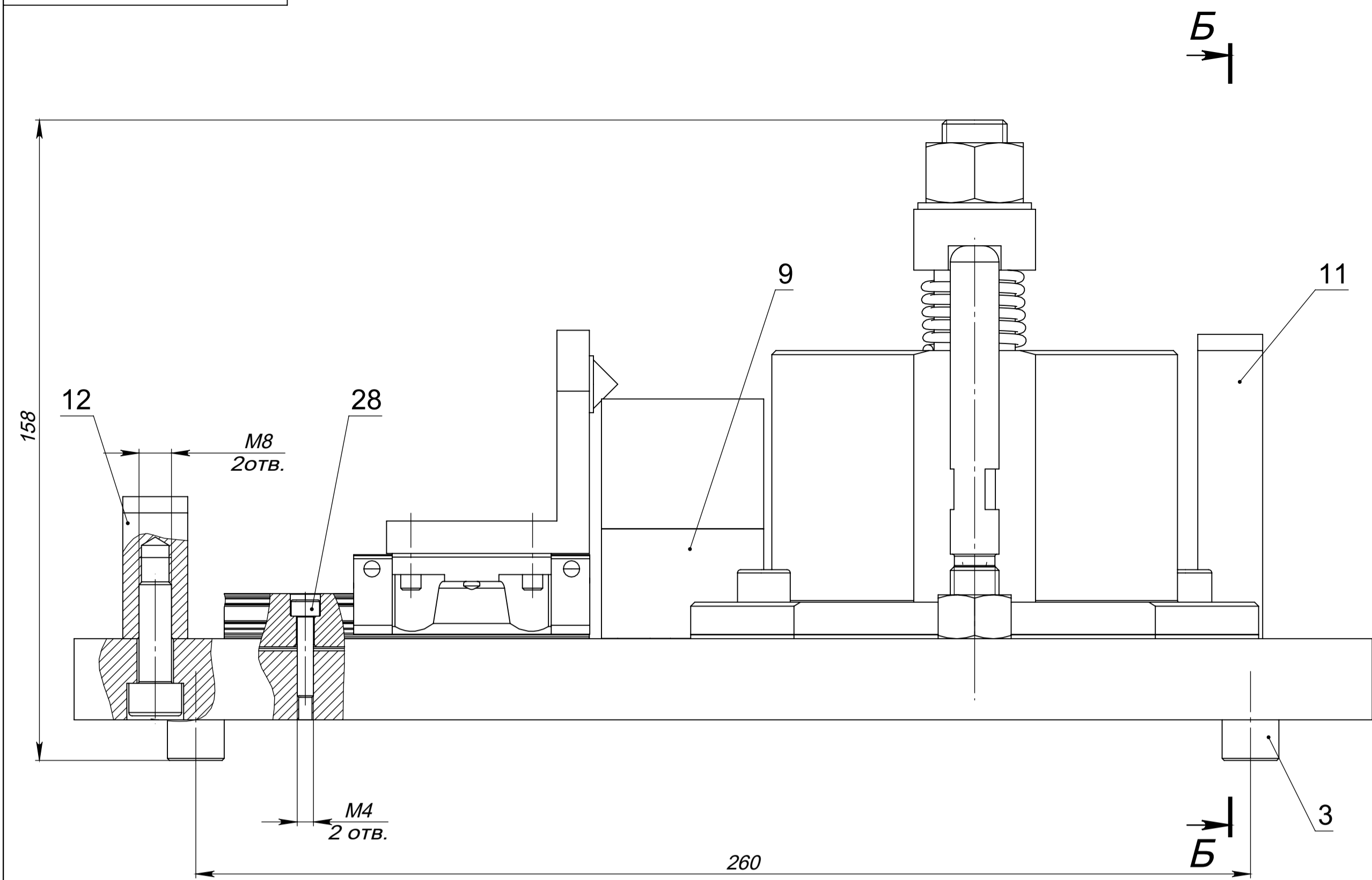
1. Група сталі М2, ступінь складності С2, клас точності Т4 ДСТУ 7505-89.
2. Невказані радіуси заокруглення R2 мм

3. Допустима величина зміщень по поверхні рознімання штапу 0,6 мм.
4. Допустима величина остаточного облою 0,8 мм.
5. Граничні відхилення по вигнутості, від площинності та прямолінійності 0,8 мм

				MP.ПМКМ-001.02.00.000			
				Заготовка			
Изм.	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Бальошенко				3,115	1:1
Пров.		Лукань Т.В.					
Т.контр.		Лукань Т.В.			Лист	Листов	1
Н.контр.		Лукань Т.В.			Сталь 45 ДСТУ ДСТУ 4738:2007		
Утв.		Панчук В.Г.			ІФНТУНГ ПМКМ-24-1		

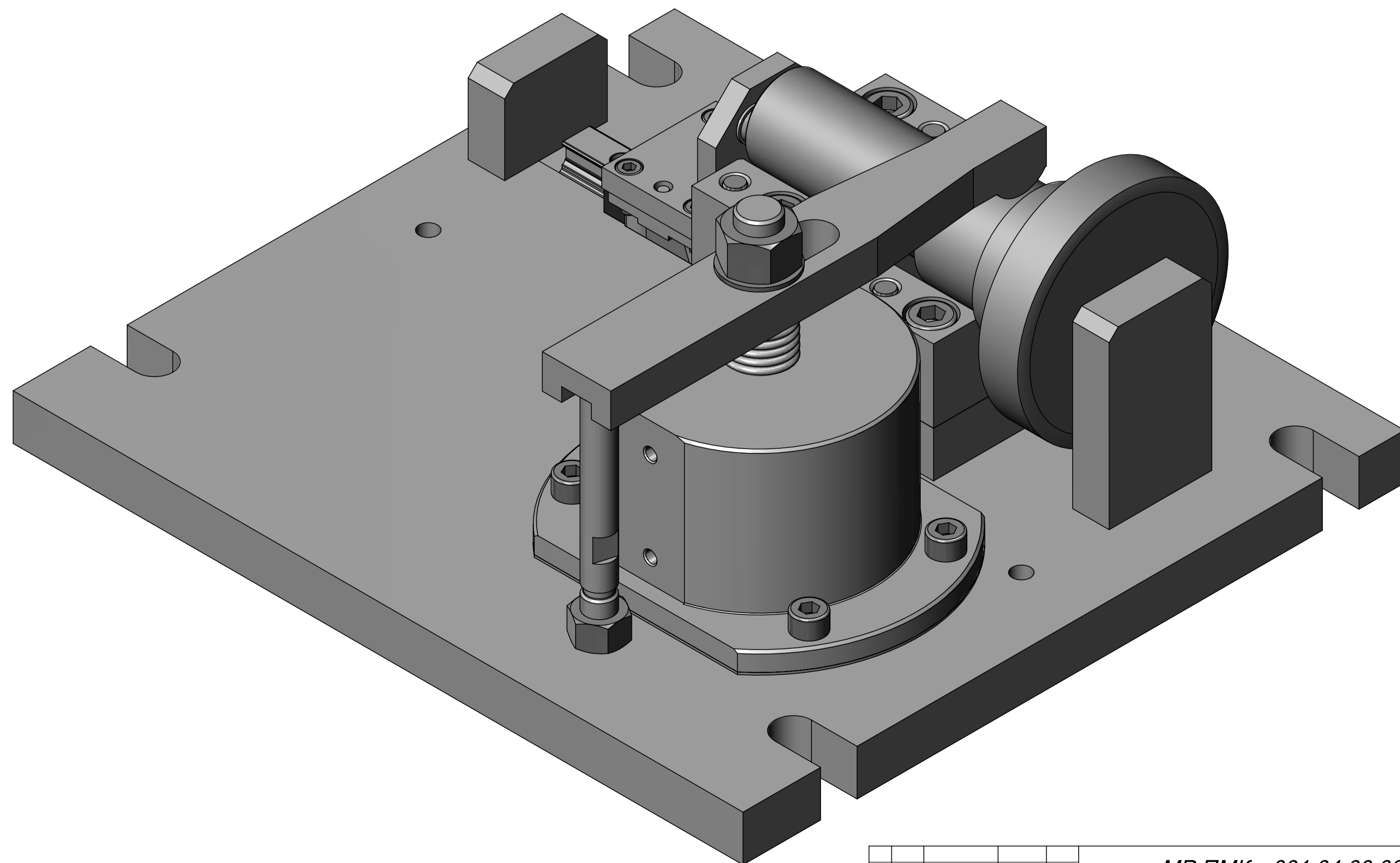
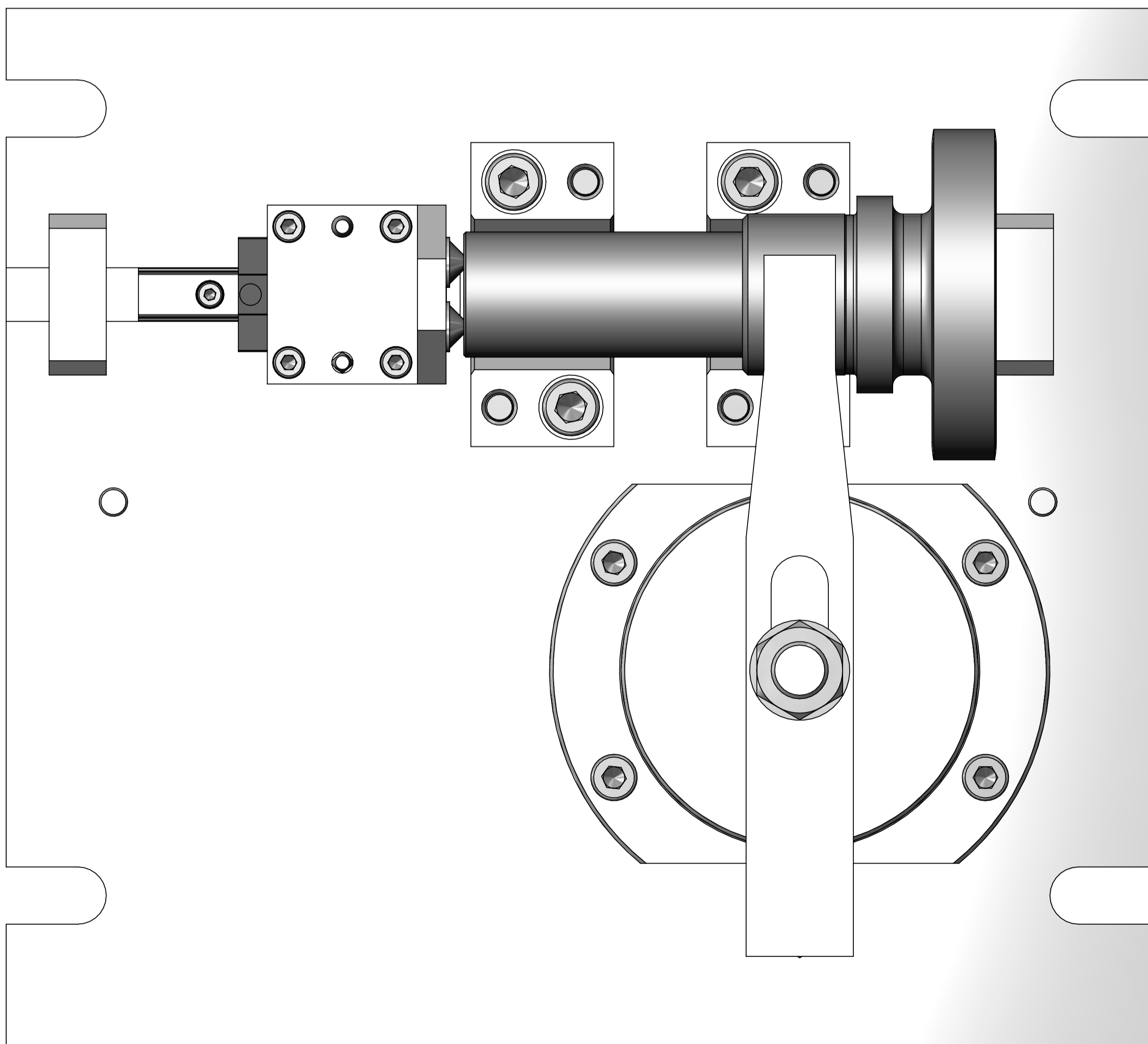
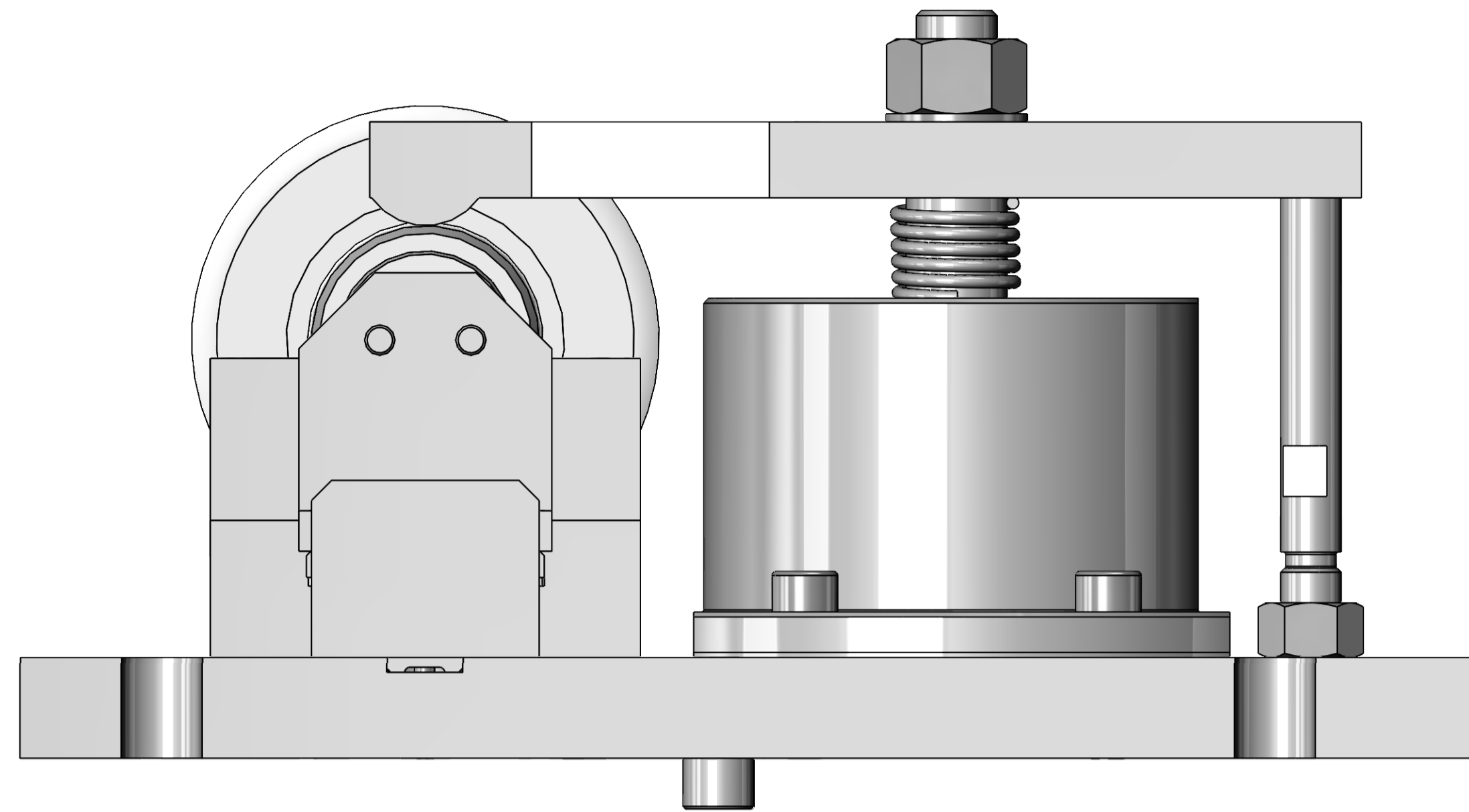
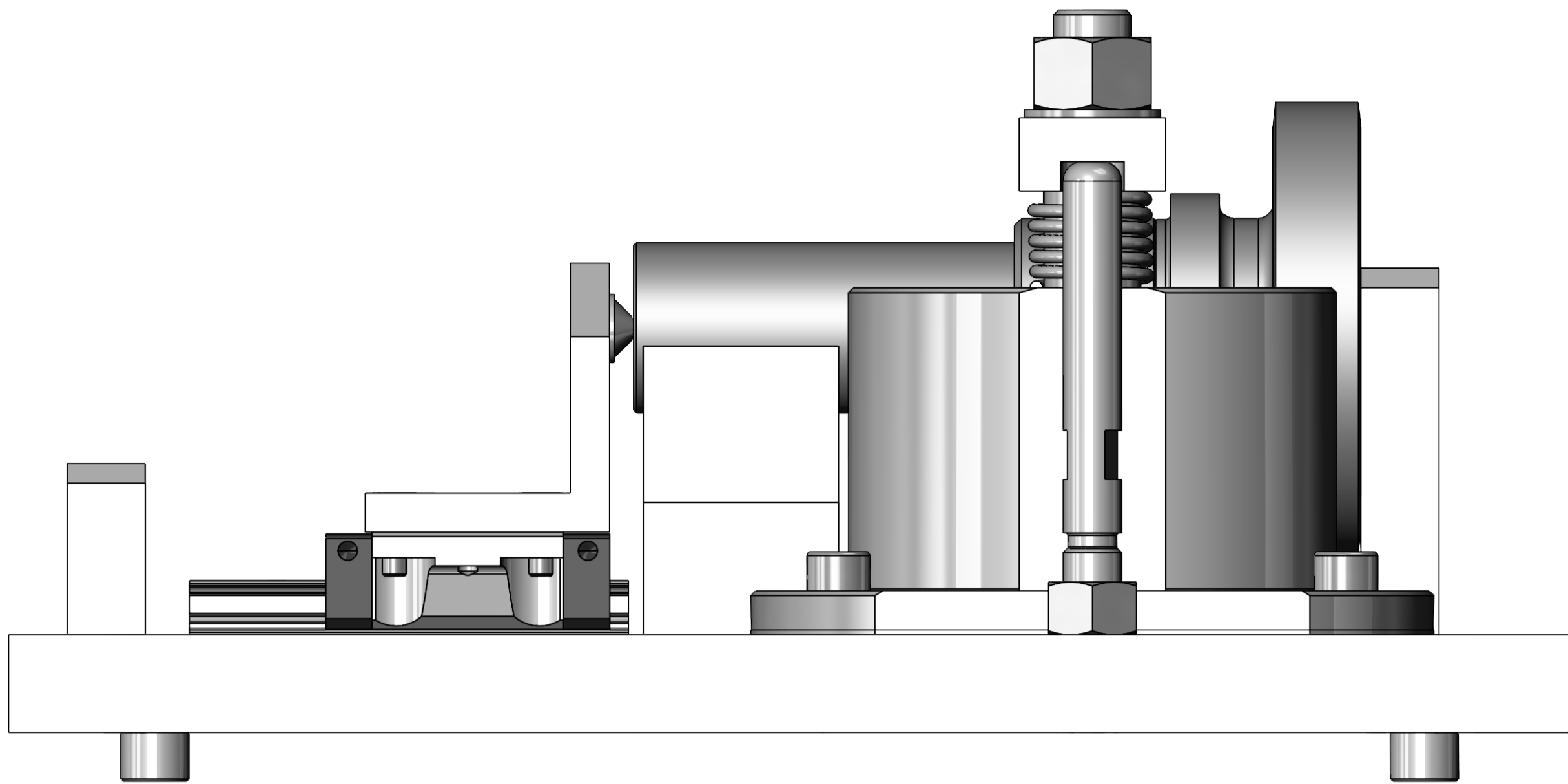
Копировал

Формат А3



- 1.*Розміри для довідок
- 2. Пристрій повинен працювати плавно без ривків і заїдок
- 3. Робочий тиск повітря - 0,4 МПа
- 4.Робочий хід штоку пневмоциліндру 25мм

				МР.ПМКм-001.03.00.000 СК		
				Пристрій фрезерний		
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Літ.	Маса
Розроб.	Бальошенка					
Перев.	Лукань Т.В.					
Т. контр.	Лукань Т.В.					
Реценз.						
Н. контр.	Лукань Т.В.					
Затв.	Панчук В.Г.					
				Арк.	Аркушів	
				ІФНТУНГ ПМКм-24-1		



				MP.ПМКм-001.04.00.000			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>	3D модель фрезерного пристрою		
<i>Розроб.</i>	<i>Бальошенко</i>						
<i>Перев.</i>	<i>Лукань Т.В.</i>						
<i>Т. контр.</i>	<i>Лукань Т.В.</i>						
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. контр.</i>	<i>Лукань Т.В.</i>				<i>Літ.</i>	<i>Маса</i>	<i>Масштаб</i>
<i>Затв.</i>	<i>Панчук В.Г.</i>				<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>	
					ІФНТУНГ ПМКм-24-1		
					1 Копировал		

Перв. примен.

Справа №

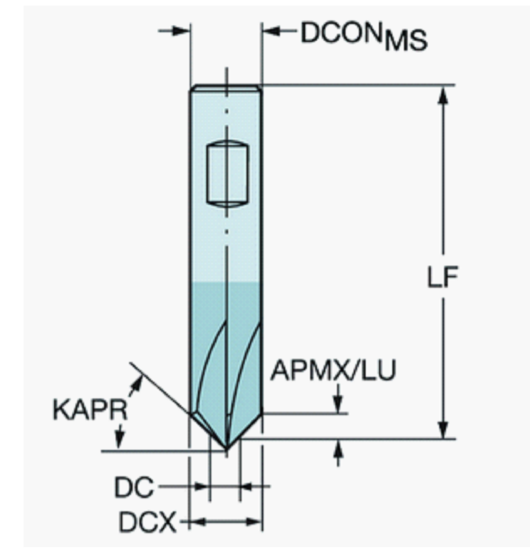
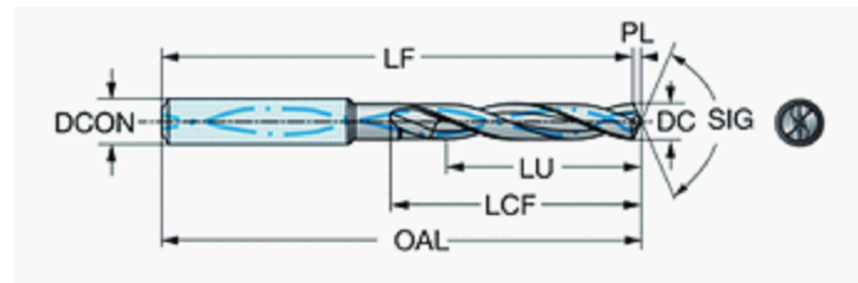
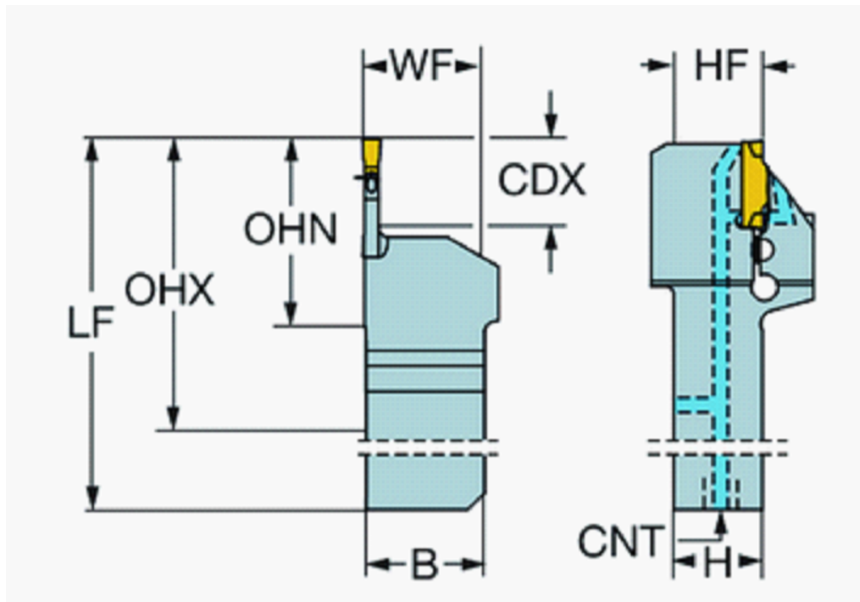
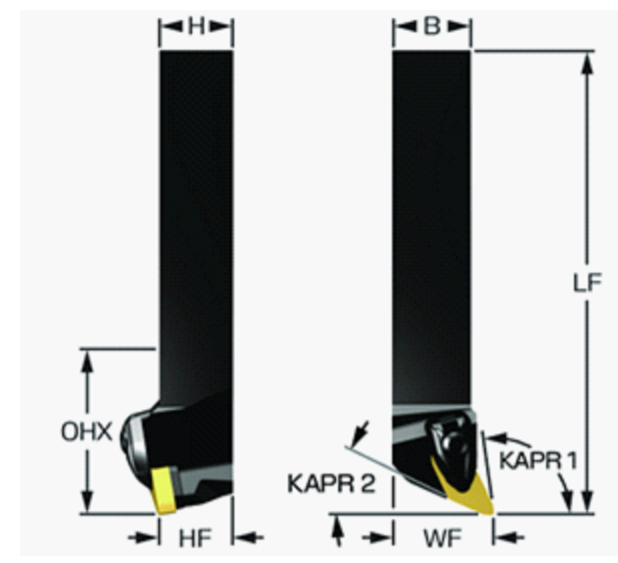
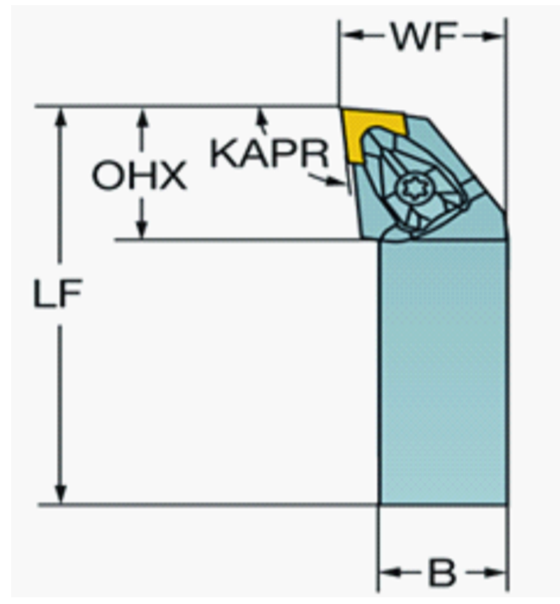
Подп. и дата

Ивл. № дубл.

Взам. ивл. №

Подп. и дата

Ивл. № подл.



Дані про продукт		Метрика	Дойм
Кут ріжучої крошки інструменту (KAPR_1)	95°		
кут випередження (PSR)	-5°		
код типу затискання (MTP)	затисніть зверху вставки та вставте її в отвір		
про тип вставки (CUTINT_MASTER)	CNMG 190612		
про підключення на стороні машини (ADINTMS)	Прямокутний хвостовик - метричний: 25 x 25		
Максимальний кут нахилу (RMPX)	0°		
Кут корпусу заготовки збоку (BAWS)	0°		
про кут нахилу корпусу машини (BAMS)	0°		
Максимальний виступ (OHX)	43,7 мм		
Рука (PUNCH)	Праворуч		
про тип виходу охолоджувальної рідини (CXSC)	немає виходу охолоджувальної рідини		
про тип введення охолоджуючої рідини (CNCS)	без подачі охолоджувальної рідини		
ширину хвостовика (B)	25 мм		
висоту хвостовика (H)	25 мм		
функціональну довжину (LF)	150 мм		
функціональну ширину (FШ)	32 мм		
функціональну висоту (HF)	25 мм		
про ортогональний передній кут (SAMO)	-6°		
кут нахилу (LAMS)	-6°		
про крутний момент (TQ)	6,4 Нм		
Матеріал корпусу (BMC)	Сталь		
про вагу товару (WT)	0,7099 кг		

Дані про продукт		Метрика	Дойм
про кут різальної крошки інструменту (KAPR_1)	95°		
про кут різальної крошки інструменту (KAPR_2)	25°		
кут випередження (PSR)	-5°		
код типу затискання (MTP)	затисніть зверху вставки та вставте її в отвір		
про тип вставки (CUTINT_MASTER)	SonoCut PRIME CP-8 (CP-B1208D)		
про підключення на стороні машини (ADINTMS)	Прямокутний хвостовик - метричний: 25 x 25		
Максимальний кут нахилу (RMPX)	23°		
Кут корпусу заготовки збоку (BAWS)	0°		
про кут нахилу корпусу машини (BAMS)	0°		
Максимальний виступ (OHX)	50 мм		
Рука (PUNCH)	Праворуч		
про тип виходу охолоджувальної рідини (CXSC)	немає виходу охолоджувальної рідини		
про тип введення охолоджуючої рідини (CNCS)	без подачі охолоджувальної рідини		
ширину хвостовика (B)	25 мм		
висоту хвостовика (H)	25 мм		
функціональну довжину (LF)	150 мм		
функціональну ширину (FШ)	32 мм		
функціональну висоту (HF)	25 мм		
про ортогональний передній кут (SAMO)	-3,9°		
кут нахилу (LAMS)	-10,3°		
про крутний момент (TQ)	4 Нм		
Матеріал корпусу (BMC)	Сталь		
про вагу товару (WT)	0,7099 кг		

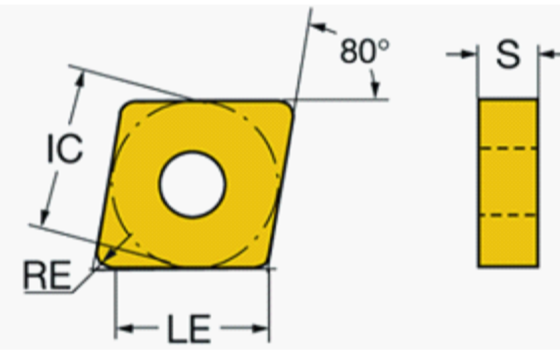
Дані про продукт		Метрика	Дойм
Максимальна глибина різання (CDX)	32 мм		
код типу затискання (MTP)	затискан зверху вставки		
про тип вставки (CUTINT_MASTER)	SonoCut 2 - розмір M (N123M2-1000-0008-GM)		
Вставити про місце (SSC_M)	M		
про підключення на стороні машини (ADINTMS)	Прямокутний хвостовик - метричний: 25 x 25		
Кут корпусу заготовки збоку (BAWS)	0°		
про мінімальний виступ (OHN)	49,246 мм		
Максимальний виступ (OHX)	74,246 мм		
Рука (PUNCH)	Праворуч		
про тип введення охолоджуючої рідини (CNCS)	основий концентричний та радіальний вхід		
про тип виходу охолоджувальної рідини (CXSC)	основий похилий вихід		
про розмір різьби входу охолоджувальної рідини (CNT)	G 1/8-28		
тиск охолоджувальної рідини (CP)	150 бар		
ширину хвостовика (B)	25 мм		
висоту хвостовика (H)	25 мм		
функціональну довжину (LF)	133,246 мм		
функціональну ширину (FШ)	26 мм		
функціональну висоту (HF)	25 мм		
про загальну довжину (OAL)	133,246 мм		
про вагу товару (WT)	0,545 кг		

Дані про продукт		Метрика	Дойм
матеріал(и) заготовки (TMC1S0)			
Діаметр різання (округ Колумбія)	6,8 мм		
про діаметр з'єднання з боку машини (DCONMS)	8 мм		
Корисна довжина (LU)	24 мм		
про досяжний допуск отвору (TCHA)	H8		
Коефіцієнт корисної довжини та діаметра (LUDR)	3.5294		
про ортогональний передній кут (SAMO)	17,73°		
про ефективну кількість ріжучих кромок на поверхні (ZEFF)	2		
про підключення на стороні машини (ADINTMS)	Циліндричний хвостовик (DIN6535-HA) - метричний: 8		
про допуск діаметра з'єднання (TCDCON)	h6		
Оцінка (ОЦІНКА)	P18M		
про субстрат (SUBSTRATE)	Головий уповажнений		
про покриття (COATING)	PVD TiAlN+TiSiN		
стандартну групу хвостовиків (BSG)	DIN 6537 K		
про стружколом (CBMD)	вечір		
про тип введення охолоджуючої рідини (CNCS)	основий концентричний вхід на колі		
про кут точіння (SIG)	147°		
про довжину точки (PL)	1,0071 мм		
про загальну довжину (OAL)	79 мм		
функціональну довжину (LF)	77,9 мм		
про довжину стружкової канавки (LCF)	34 мм		
про максимальну швидкість обертання (RPMX)	11 703 об/хв		
про вагу товару (WT)	0,0435 кг		

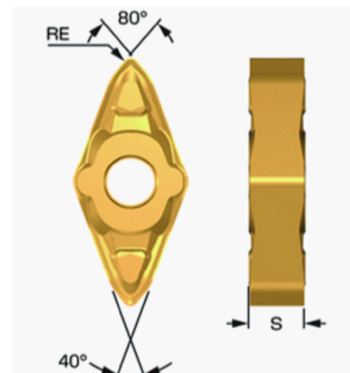
Дані про продукт		Метрика	Дойм
матеріал(и) заготовки (TMC1S0)			
Кут ріжучої крошки інструменту (KAPR)	45°		
Діаметр різання (округ Колумбія)	3 мм		
максимальний діаметр різання (DCX)	12 мм		
Максимальна глибина різання (APMX)	4,5 мм		
про ефективну кількість периферійних ріжучих кромок (ZEFF)	6		
про підключення на стороні машини (ADINTMS)	Валон (DIN6535-HB) - метрична система: 12		
про допуск діаметра з'єднання (TCDCON)	h6		
Оцінка (ОЦІНКА)	1620 рік		
про субстрат (SUBSTRATE)	Головий уповажнений		
про покриття (COATING)	PVD TiAlN		
стандартну групу хвостовиків (BSG)	КОРОНАЦІЯ		
про стружколом (CBMD)	прямий		
про тип введення охолоджуючої рідини (CNCS)	без подачі охолоджувальної рідини		
про діаметр з'єднання з боку машини (DCONMS)	12 мм		
функціональну довжину (LF)	81,5 мм		
про максимальну швидкість обертання (RPMX)	80 000 об/хв		
про вагу товару (WT)	0,1283 кг		

Зенківка «1C050-0300-045-XB 1620»

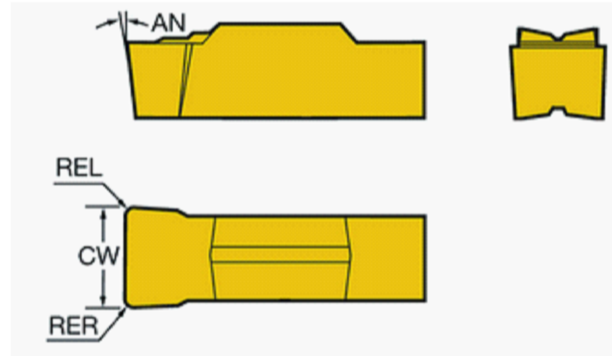
Державка різця «DCLNR 2525M 19»



Державка різця «CP-25BR-2525-12»



Державка різця «QS-RF123M32C2525E»



Дані про продукт		Метрика	Дойм
матеріал(и) заготовки (TMC1S0)			
про стружколом (CBMD)	Загнати з громадськістю		
Тип операції (CTPT)	чорнова обробка		
код способу кріплення (IFS)	Циліндричний отвір для кріплення		
кріпильного отвору (D1)	7,925 мм		
Розмір і форма вставки (CUTINT_SIZESHAPE)	CN1906		
про кількість передових лез (CEOC)	4		
про діаметр вписаного кола (IC)	19,05 мм		
Вставити код форми (SC)	Ромбичний 80		
про ефективну довжину ріжучої крошки (LE)	18,5439 мм		
Радіус кута (RE)	0,7938 мм		
Рука (PUNCH)	Нейтральний		
Оцінка (ОЦІНКА)	4425		
про субстрат (SUBSTRATE)	Головий уповажнений		
про покриття (COATING)	XOP TiCN+Al2O3+TiN		
про товщину вставки (S)	6,35 мм		
про кут зазору (AN)	0°		
про вагу товару (WT)	0,0261 кг		

Ріжуча пластинка «CNMG 19 06 08-PR 4425»

Дані про продукт		Метрика	Дойм
матеріал(и) заготовки (TMC1S0)			
про стружколом (CBMD)	M7		
Тип операції (CTPT)	попередня обробка з урахуванням вимог до поверхні		
код способу кріплення (метрична система) (IFS)	Циліндричний отвір для кріплення		
кріпильного отвору (D1)	5,156 мм		
Розмір і форма вставки (CUTINT_SIZESHAPE)	SonoTap PRIME CP-812D		
про кількість передових лез (CEOC)	4		
про діаметр вписаного кола (IC)	12 мм		
Радіус кута (RE)	0,8 мм		
ширину поверхні землі (BN)	0,2 мм		
кут нахилу поверхні (GB)	0°		
про кут нахилу (GAN)	18°		
Рука (PUNCH)	Нейтральний		
Оцінка (ОЦІНКА)	4425		
про субстрат (SUBSTRATE)	Головий уповажнений		
про покриття (COATING)	XOP TiCN+Al2O3+TiN		
про товщину вставки (S)	6 мм		
про кут зазору (AN)	0°		
про вагу товару (WT)	0,0217 кг		

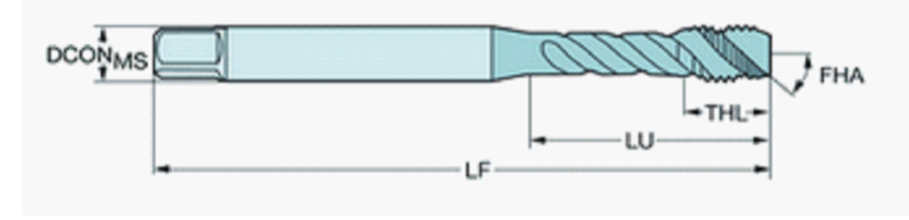
Ріжуча пластинка «CP-B1208D-M7 4425»

Дані про продукт		Метрика	Дойм
матеріал(и) заготовки (TMC1S0)			
про стружколом (CBMD)	ГМ		
Тип операції (CTPT)	попередня обробка з урахуванням вимог до поверхні		
код способу кріплення (метрична система) (IFS)	Увігнутий призматичний поретин з рейкою		
Розмір і форма вставки (CUTINT_SIZESHAPE)	SonoCut 1-2 розміру M1		
про кількість передових лез (CEOC)	1		
Вставити про місце (SSC_M)	M		
Ширина різання (CW)	11 мм		
про нижній допуск ширини різання (CWTOLL)	-0,03 мм		
про верхній допуск значення ширини різання (CWTOLU)	0,03 мм		
радіус кута ліворуч (REL)	0,8 мм		
про радіус кута праворуч (RER)	0,8 мм		
про нижній допуск радіуса кута (RETOLL)	-0,05 мм		
про верхній допуск радіуса кута (RETOLU)	0,05 мм		
про кут нахилу корпусу машини (BAMS)	0°		
Рука (PUNCH)	Нейтральний		
Оцінка (ОЦІНКА)	4325		
про покриття (COATING)	XOP TiCN+Al2O3+TiN		
про товщину вставки (S)	7,05 мм		
про кут зазору (AN)	7°		
про вагу товару (WT)	0,0268 кг		

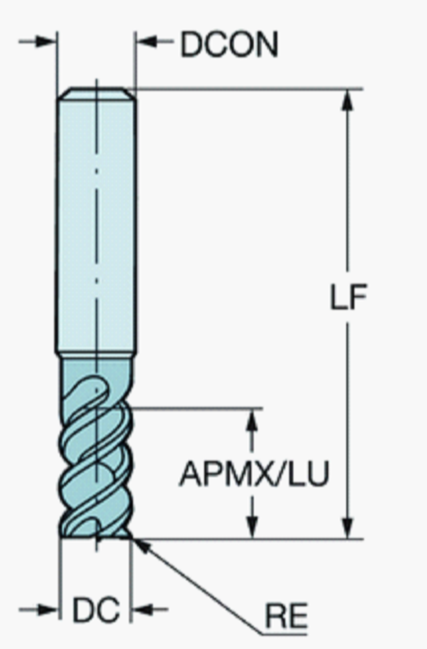
Ріжуча пластинка «N123M1-1100-0008-GM 4325»

Дані про продукт		Метрика	Дойм
матеріал(и) заготовки (TMC1S0)			
про розмір різьби (TIDZ)	M 8		
про форму лопатки (THFT)	M (метрична система 60°)		
про довжину фаски мітчика (TCL)	2,5669 мм		
про крок різьби (TP)	1,25 мм		
про діаметр різьби (TD)	8 мм		
діаметр поперечно обробленого отвору (PHD)	6,8 мм		
тип поперечно обробленого отвору (PHT)	глухий отвір		
про тип отвору (HTU)	наскрізний/спільний		
клас допуску різьби (TCTR)	6 годин		
стандартну групу хвостовиків (BSG)	DIN371		
Корисна довжина (LU)	35 мм		
про підключення на стороні машини (ADINTMS)	Хвостовик мітчика DIN - метричний: 8,00 x 6,20		
про стружколом (CBMD)	XM		
Оцінка (ОЦІНКА)	B125		
про субстрат (SUBSTRATE)	HSS-E		
про покриття (COATING)	PVD TiN		
про тип введення охолоджуючої рідини (CNCS)	без подачі охолоджувальної рідини		
про тип виходу охолоджувальної рідини (CXSC)	немає виходу охолоджувальної рідини		
про діаметр з'єднання з боку машини (DCONMS)	8 мм		
функціональну довжину (LF)	90 мм		
про діаметр горловини (DN)	5,96 мм		
про кількість флейт (NOF)	3		
про кут нахилу спіралі канавки (FHA)	15°		
радіальний кут нахилу (GAMP)	10°		
про довжину різьблення (THL)	12 мм		

Свердло «860.1-0680-024A1-PM P18M»



Мітчик «T300-XM100DA-M8 B125»

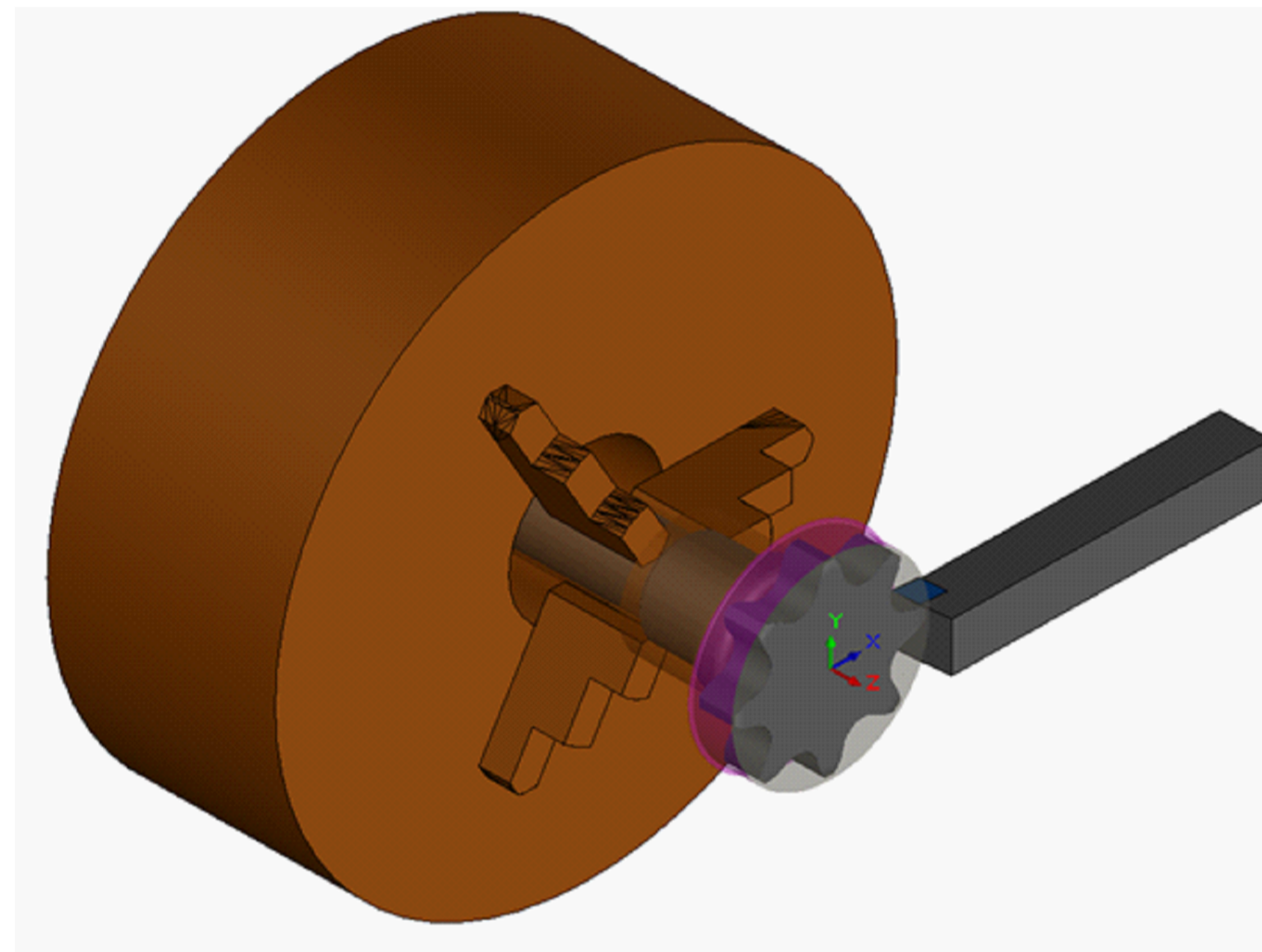
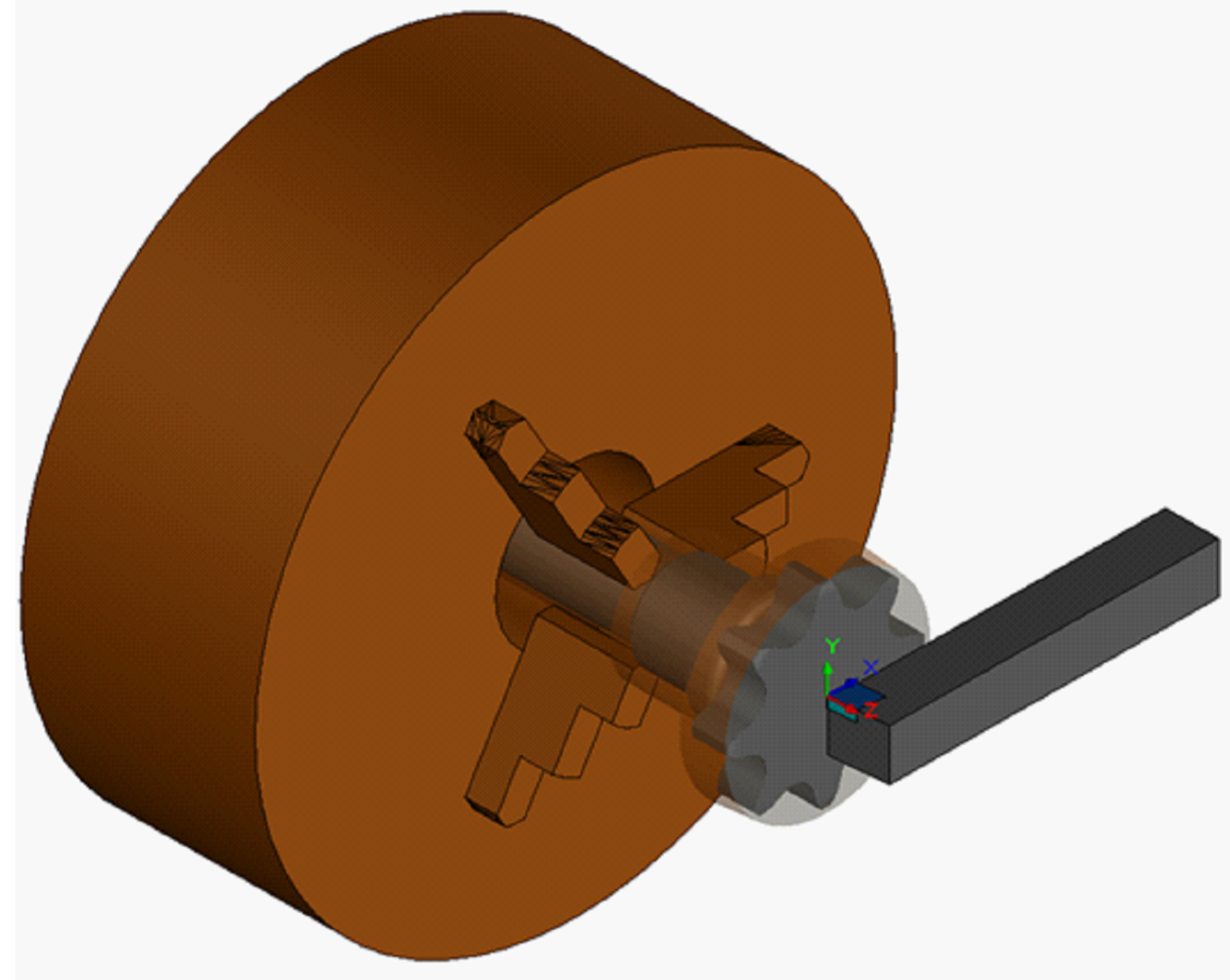


Дані про продукт		Метрика	Дойм
матеріал(и) заготовки (TMC1S0)			
про ефективну кількість периферійних ріжучих кромок (ZEFF)	4		
Діаметр різання (округ Колумбія)	9,525 мм		
про діаметр з'єднання з боку машини (DCONMS)	9,525 мм		
про допуск діаметра з'єднання (TCDCON)	h6		
Максимальна глибина різання (APMX)	19,05 мм		
Корисна довжина (LU)	19,05 мм		
функціональну довжину (LF)	88,9 мм		
про максимальну швидкість обертання (RPMX)	80 000 об/хв		
про підключення на стороні машини (ADINTMS)	Циліндричний хвостовик без затискових елементів (без фланців) - дюйм: 3/8		
Радіус кута (RE)	0,397 мм		
максимальний кут нахилу (RMPX_FFW)	5°		
про максимальну глибину різання (APMX_FFW)	19,05 мм		
про кут нахилу спіралі канавки (FHA)	46,902°		
про максимальну глибину різання (APMX_FFW)	19,05 мм		
Оцінка (ОЦІНКА)	1630 рік		
про субстрат (SUBSTRATE)	Головий уповажнений		
про покриття (COATING)	PVD TiAlN		
про тип введення охолоджуючої рідини (CNCS)	без подачі охолоджувальної рідини		
про клас допуску діаметра різання (TCDC)	h9		
про діаметр різання для контакту з поверхнею (DCF)	6,731 мм		
про вагу товару (WT)	0,096 кг		
можливість центрального різання (CCC)	Так		
стандартну групу хвостовиків (BSG)	КОРОНАЦІЯ		
радіальний кут нахилу (GAMP)	10,5°		
про основний кут нахилу (GAMP)	13,5°		
про загальну довжину (OAL)	88,9 мм		

Фреза кінцева «1K344-1800-XD 1730»

Зм. Лист	№ докум.	Підп.	Дата
Розроб.	Бальошенко		
Перев.	Лукань Т.В.		
Т. контр.	Лукань Т.В.		

Імітація обробки на операцію 010



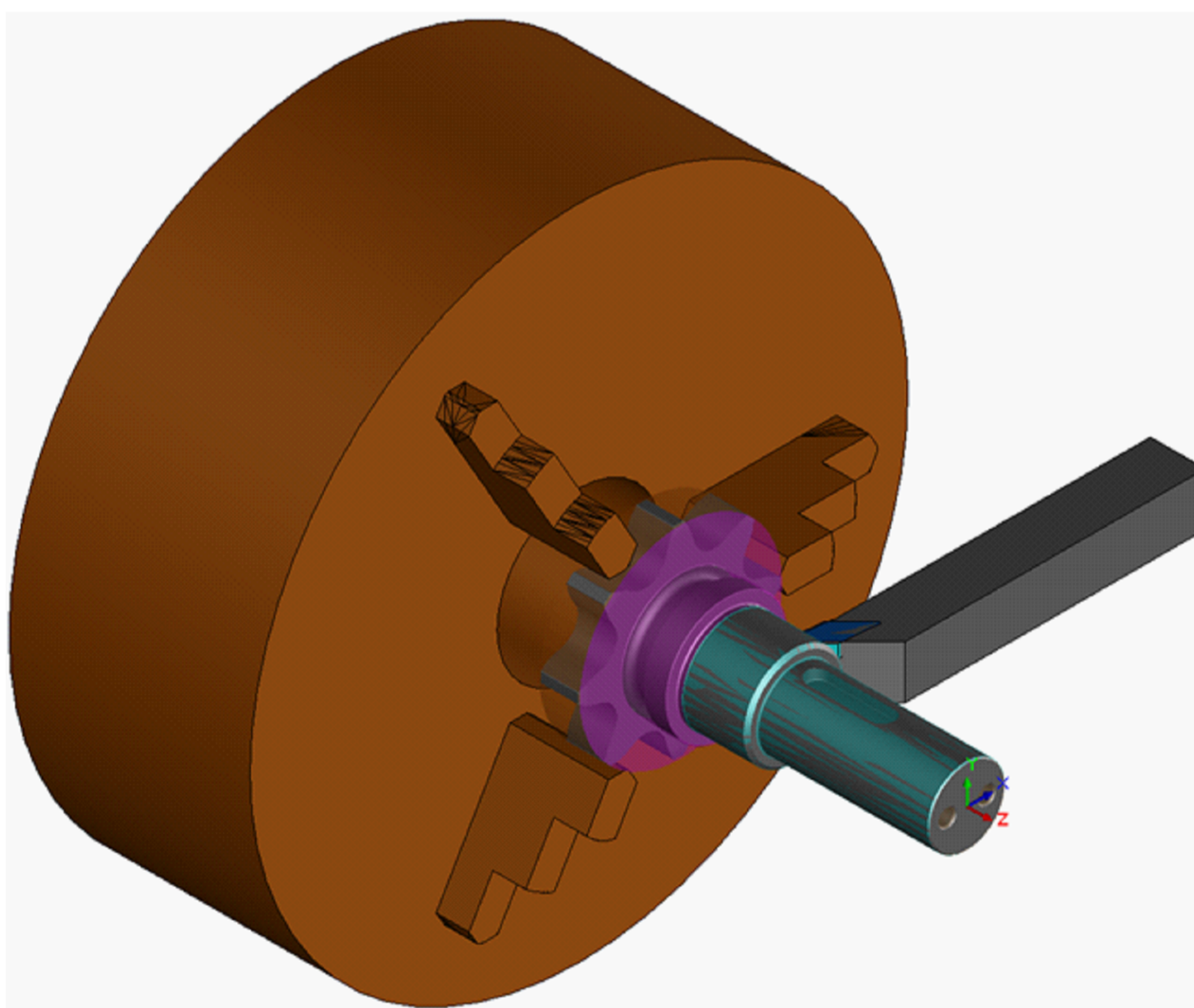
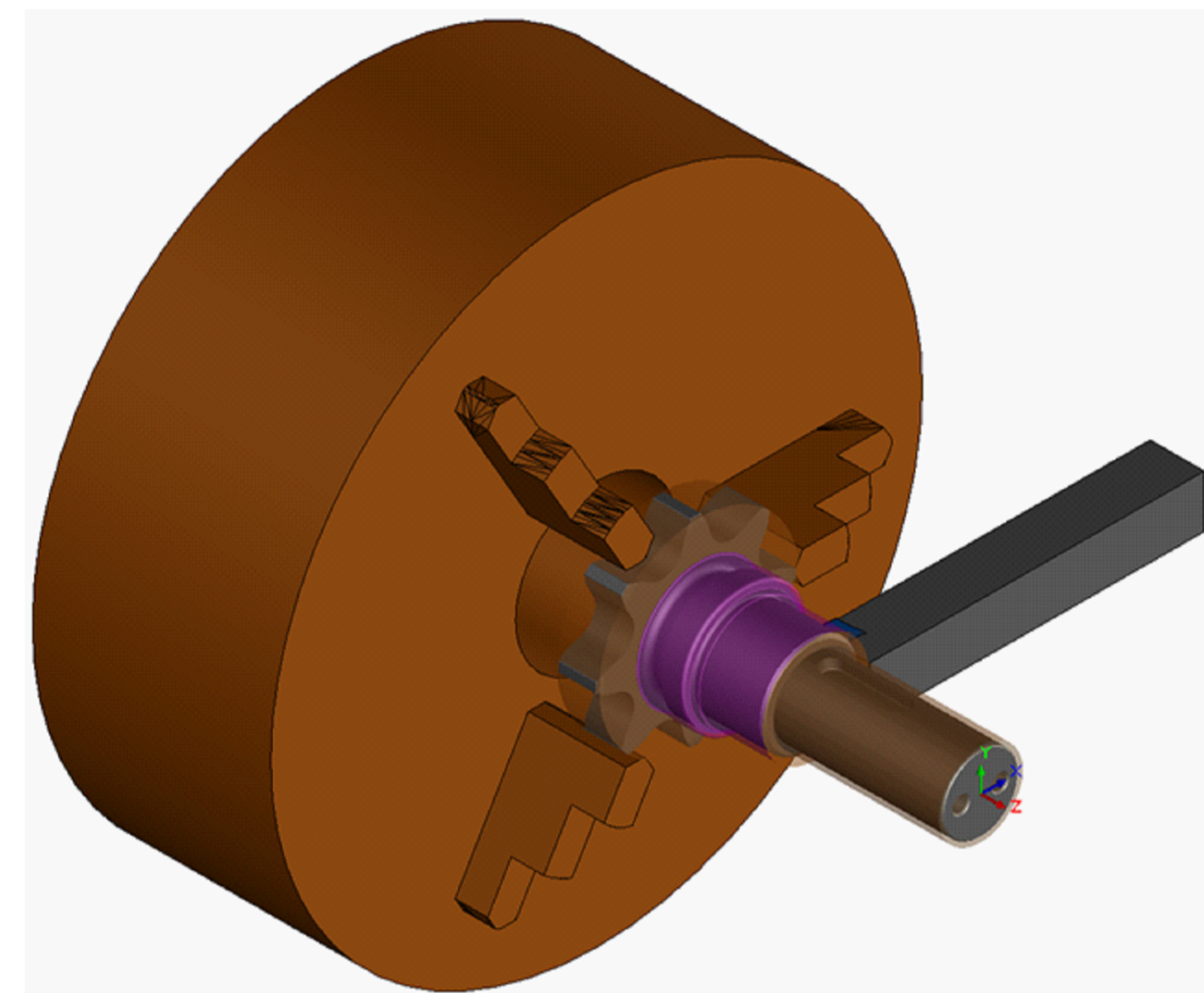
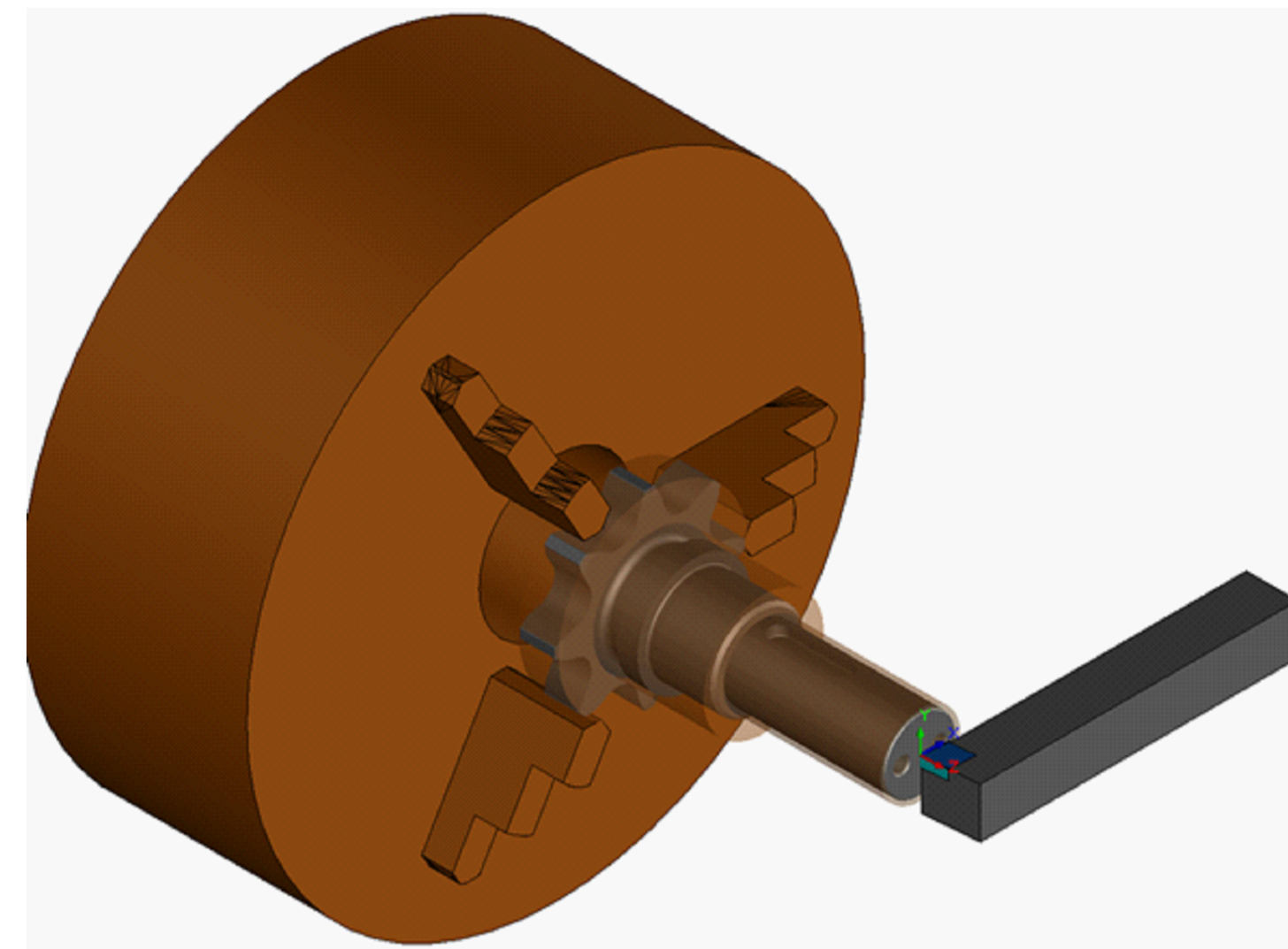
Код програми на операцію 010

```

%
O0001
G00 G18 G40 G80 G97 G99
N1 ('8AB>2>9 B>@5F1)
G54
T0101 (DCLNR 2525M 12)
G97 S1000 M03
G99 G18 G00 Z3.354
M08
G50 S3000
G96 S548
G00 X102.188
X102.092
G01 X95.385 Z0 F.409
X-.8
X-1.507 Z.354
G96 S596
G00 Z5.216
X103.269
Z1.816
G01 X96.562 Z-1.538 F.264
Z-18.905
X99.562
X100.269 Z-18.551
G00 X106.269
%
Z1.351
X96.188
G01 X95.481 Z.997
Z-18.905
X96.562
X97.269 Z-18.551
G00 X103.269
Z1.354
X95.107
G01 X94.4 Z1.
Z-18.905
X95.481
X96.188 Z-18.551
G00 X102.188
Z1.354
X93.107
G01 X92.4 Z1.
Z-19.905
X98.762
X99.469 Z-19.551
G00 X105.469
X508. Z127. M09
M01
M05
/M99
M30
%

```

Імітація обробки на операцію 020



Код програми на операцію 020

```

%
O0001
G00 G18 G40 G80 G97 G99
N1 ('5@=>2>9 B>@5F1)
G54
T0101 (DCLNR 2525M 12)
G97 S1000 M03
G99 G18 G00 Z4.354
M08
G50 S3000
G96 S596
X45.507
G01 X38.8 Z1. F.264
X-.8
X-1.507 Z.354
G00 Z4.354
X39.507
Z.354
G01 X38.8 Z0
X-.8
X-1.507 Z.354
G00 Z4.5
X63.107
Z-72.846
G01 X56.4 Z-76.2 F.264
Z-108.851
G03 X58. Z-110.4 R1.9
G01 Z-120.4
G03 X57.986 Z-120.566 R1.9
G01 X56.422 Z-129.5
X58.4
X59.107 Z-129.146
G00 X65.107
Z-75.846
X55.21
G01 X54.503 Z-76.2
Z-108.506
G03 X56.4 Z-108.851 R1.9
G01 X57.386 Z-108.767
G00 X63.386
Z-75.846
X53.313
G01 X52.606 Z-76.2
Z-108.5
X54.2
G03 X54.503 Z-108.506 R1.9
G01 X55.264 Z-108.182
G00 X61.264
Z-75.846
X51.416
G01 X50.709 Z-76.2
Z-108.5
X52.606
X53.313 Z-108.146
G00 X59.313
Z-75.846
X49.52
G01 X48.812 Z-76.2
Z-108.5
X50.709
X51.416 Z-108.146
G00 X57.416
Z-75.846
X47.623
G01 X46.916 Z-76.2
Z-78.571

```

```

G03 X48. Z-79.9 R1.9
G01 Z-106.943
G03 X47.986 Z-107.108 R1.9
G01 X47.742 Z-108.5
X48.812
X49.52 Z-108.146
G00 X55.52
Z-75.846
X45.726
G01 X45.019 Z-76.2
Z-77.622
X46.887 Z-78.556
G03 X46.916 Z-78.571 R1.9
G01 X47.915 Z-78.576
G00 X53.915
Z-75.846
X43.829
G01 X43.122 Z-76.2
Z-76.761
G03 X43.887 Z-77.056 R1.9
G01 X45.019 Z-77.622
X46.019
G00 X52.019
Z-75.846
X41.932
G01 X41.225 Z-76.2
Z-76.5
G03 X43.122 Z-76.761 R1.9
G01 X44.089 Z-76.635
G00 X50.089
Z-75.846
X40.035
G01 X39.328 Z-76.2
Z-76.5
X41.2
G03 X41.225 R1.9
G01 X41.937 Z-76.149
X42.837
G00 X47.937
Z5
X39.007
G01 X37.431
Z0
G03 X38. Z-1. R1.9
G01 Z-76.5
X39.328
X40.035 Z-76.146
G00 Z.666
X34.414
G01 Z.166
X35.473 Z-.364
G03 X36. Z-1. R.9
G01 Z-77.5
X41.2
G03 X42.473 Z-77.764 R.9
G01 X46.473 Z-79.264
G03 X46. Z-79.9 R.9
G01 Z-106.943
G03 X45.993 Z-107.021 R.9
G01 X45.564 Z-109.473
G02 X45.7 Z-109.5 R.1
G01 X54.2
G03 X56. Z-110.4 R.9
G01 Z-120.4
G03 X55.993 Z-120.478 R.9
G01 X54.24 Z-130.5
X91.6
X92.307 Z-130.146
G00 X98.307
X508. Z127. M09
M01

```

```

N2 ('8AB>2001)
G54
T0303 (CP-25BR-2525-12)
G97 S1000 M03
G99 G18 G00 Z6.801
M08

```

```

G50 S3000
G96 S548
X32.826
G01 X26.826 Z3.801 F.409
Z3.301
X34.814 Z-.693
G03 X35.4 Z-1.4 R1.
G01 Z-77.8
X40.4
G03 X41.814 Z-78.093 R1.
G01 X44.814 Z-79.593
G03 X45.4 Z-80.3 R1.
G01 Z-107.343
G03 X44.9 Z-108.004 R1.
G01 Z-109.8
X53.4
G03 X55.4 Z-110.8 R1.
G01 Z-120.8
G03 X54.814 Z-121.507 R1.
G01 X45.4 Z-126.214
Z-128.8
G02 X49.4 Z-130.8 R2.
G01 X90.8
X91.507 Z-130.446
G00 X97.507
X508. Z127.
Z3.266
X39.331
G01 X33.331 Z.266 F.409
Z-.234
X34.531 Z-.834
G03 X35. Z-1.4 R.8
G01 Z-78.
X40.4
G03 X41.531 Z-78.234 R.8
G01 X44.531 Z-79.734
G03 X45. Z-80.3 R.8
G01 Z-107.343
G03 X44.531 Z-107.909 R.8
G01 X44.5 Z-107.924
Z-109.8
G02 X44.9 Z-110. R.2
G01 X53.4
G03 X55. Z-110.8 R.8
G01 Z-120.8
G03 X54.531 Z-121.366 R.8
G01 X45. Z-126.131
Z-128.8
G02 X49.4 Z-131. R2.2
G01 X90.8
X91.507 Z-130.646
G00 X97.507
X508. Z127. M09
M01
N3 ('8AB>200 :0=02:01)
G54
T0404 (QS-RF123M32C2525E)
G97 S1000 M03
G99 G18 G00 Z-128.
M08
G50 S3000
G96 S269
X98.4
G01 X92.4 Z-131. F.063
X49.4
G03 X45.023 Z-129.025 R2.2
G01 X58.4
Z-120.
X49.4
G02 X45.023 Z-121.975 R2.2
G00 X96.8
X508. Z127. M09
M01
M05
/M99
M30
%
```

				MP.ПМКМ-001.06.00.000			
Зм. Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Імітація обробки та код програми на операцію 010 та 020	Літ.	Маса	Масштаб
Розроб.	Бальошенко						
Перев.	Лукань Т.В.				Аркуш	Аркушів	
Т. контр.	Лукань Т.В.				ФНТУНГ		
Н. контр.	Лукань Т.В.				ПМКМ-24-1		
Затв.	Панчук В.Г.						

Справа. Примен.

Підп. і дата

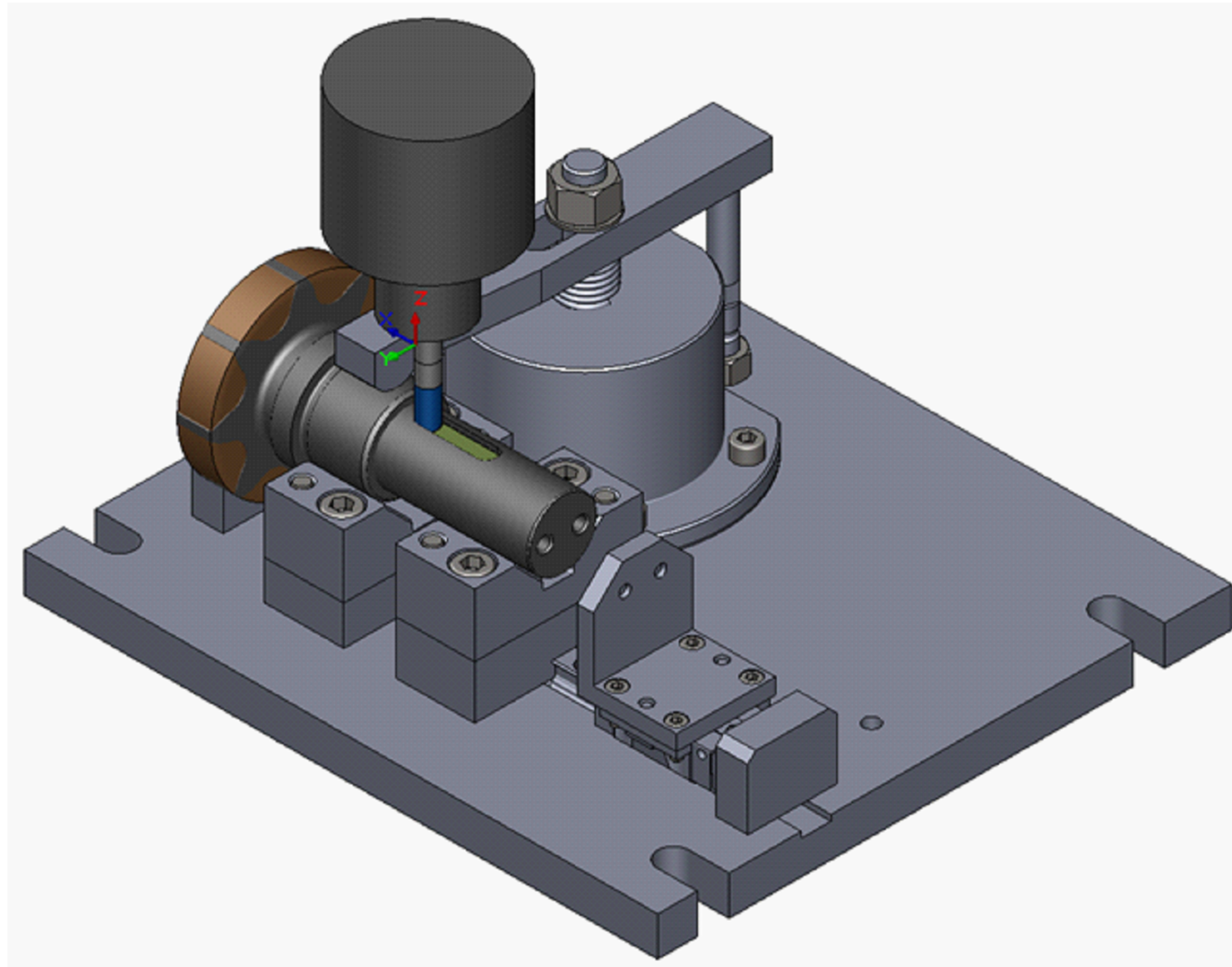
Взам. инв. №

Инд. № дубл.

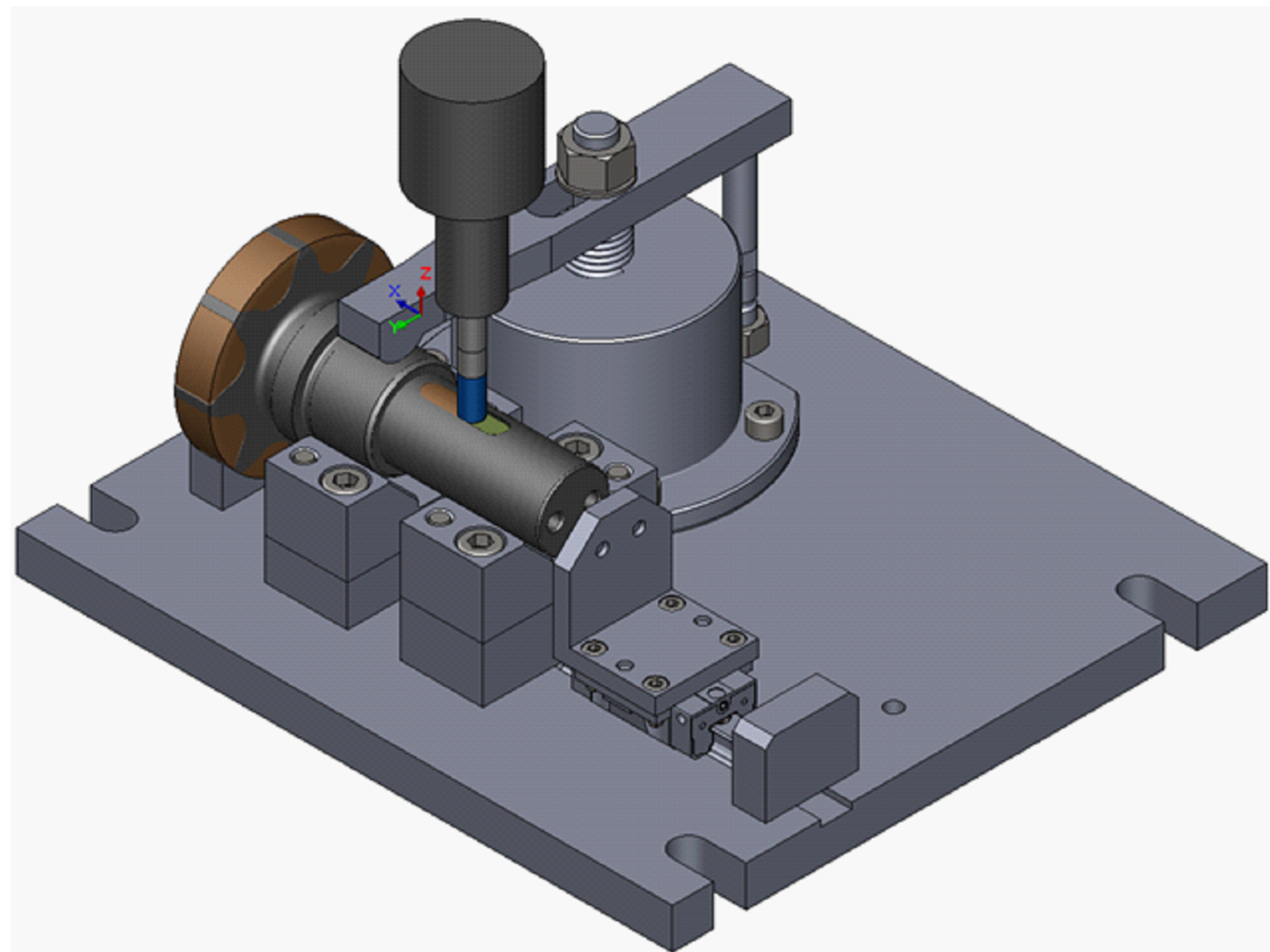
Підп. і дата

Инд. № подл.

Імітація обробки операцію 040 Установ 1



Імітація обробки на операцію 040 Установ 2



Код програми на операцію 040 Установ 1

```

%
O00001
N5 G21 G17 G40 G80 G90
N10 T09 M06 (RA216.24-2450AAK12P 1630)
N15 G54 G90 G94
N20 S7868 M03
N25 G00 G90 X-36.5 Y0
N30 G43 H09 Z-25.8 M08
N35 G01 Z-30.3 F439.686
N40 X-6.5 F1758.743
N45 G00 Z-25.8
N50 G90 G54 X-36.5 Y0
N55 Z-27.8
N60 G01 Z-32. F439.686
N65 X-6.5 F1758.743
N70 G00 Z-25.8
N75 G90 G54 X-36.5 Y0
N80 Z-29.5
N85 G01 Z-33.7 F439.686
N90 X-6.5 F1758.743
N95 G00 Z-25.8
N100 G01 Z25. F500. M09
N105 G00 G90 G53 G49 H0 Z0 M05
N110 G54 X0 Y0
N115 M30
%
    
```

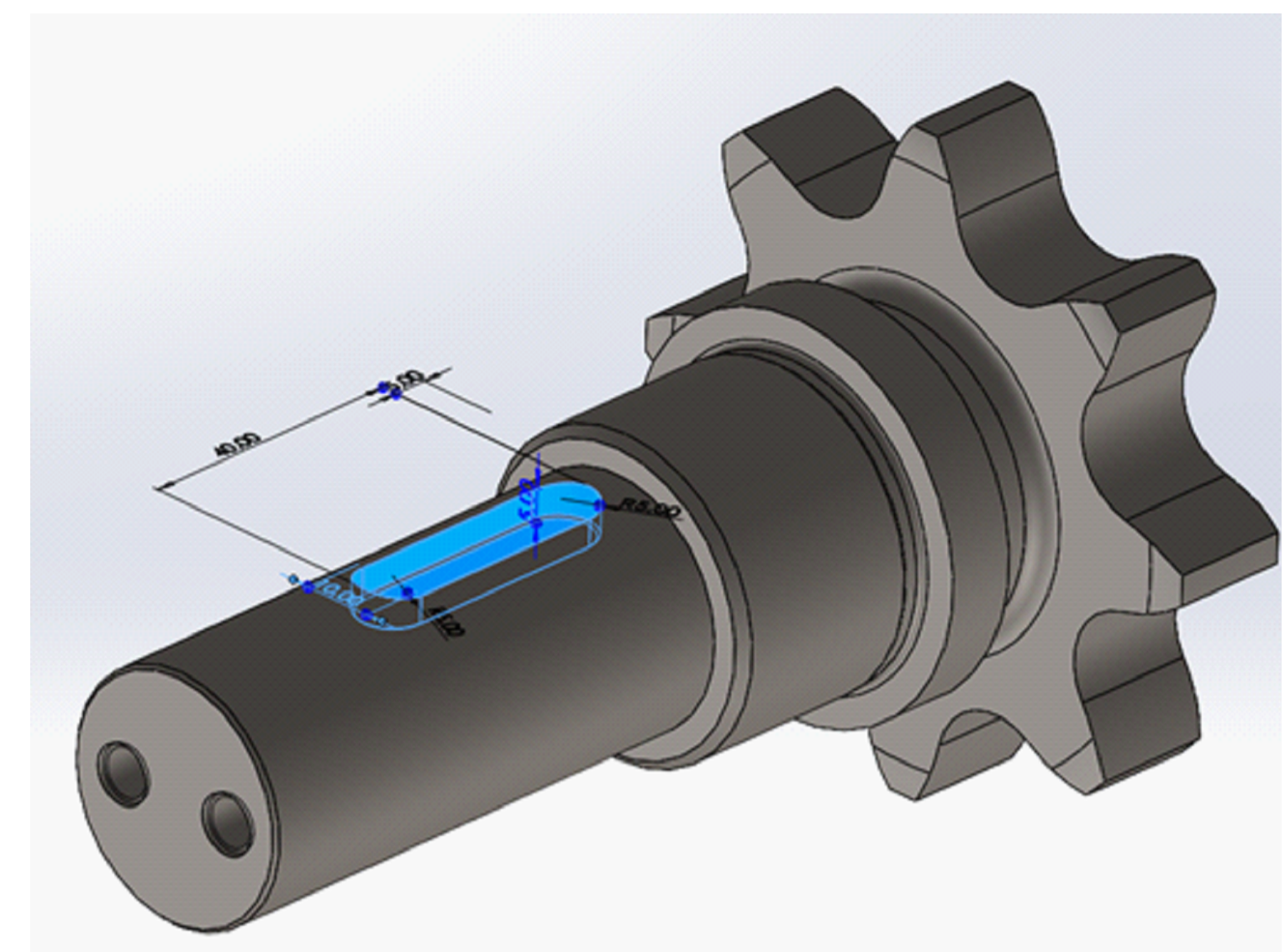
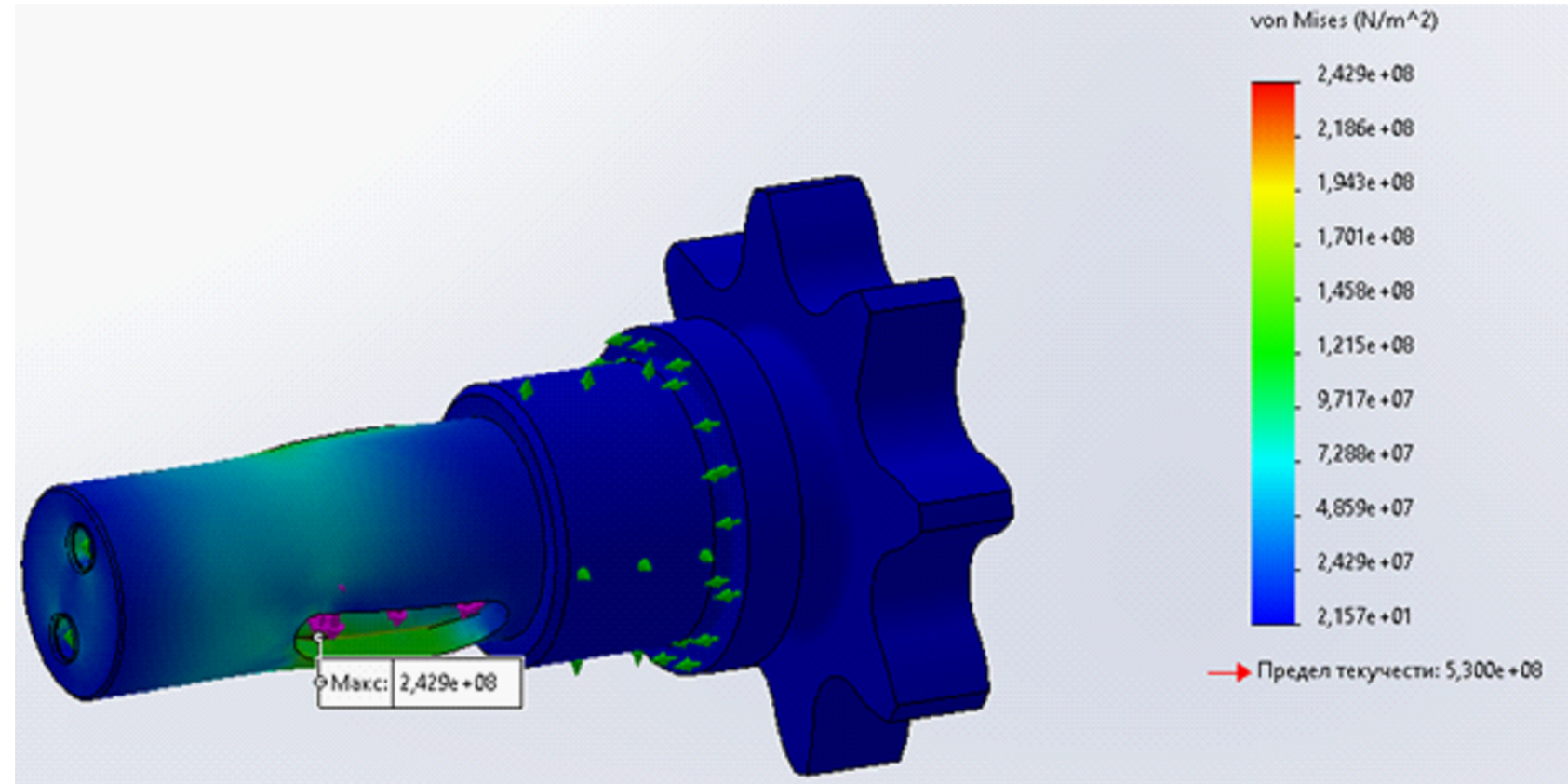
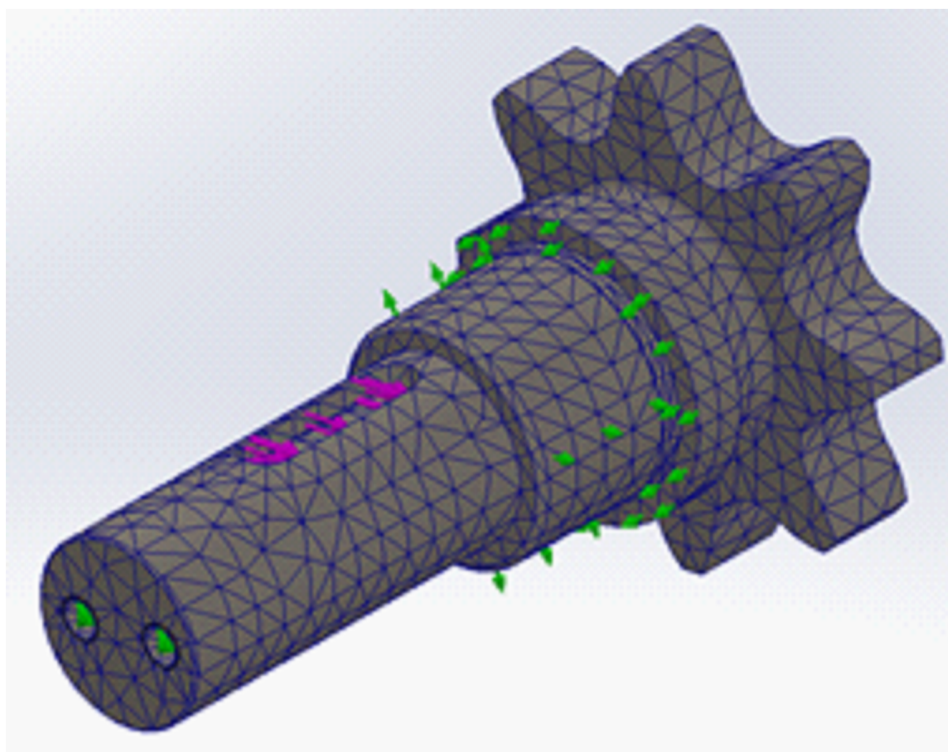
Код програми на операцію 040 Установ 2

```

%
O00001
N5 G21 G17 G40 G80 G90
N10 T07 M06 (RA216.24-2450AAK12P 1630)
N15 G54 G90 G94
N20 S7868 M03
N25 G00 G90 X-36.5 Y0
N30 G43 H07 Z-25.8 M08
N35 G01 Z-30.3 F439.686
N40 X-6.5 F1758.743
N45 G00 Z-25.8
N50 G90 G54 X-36.5 Y0
N55 Z-27.8
N60 G01 Z-31.433 F439.686
N65 X-6.5 F1758.743
N70 G00 Z-25.8
N75 G90 G54 X-36.5 Y0
N80 Z-28.933
N85 G01 Z-32.567 F439.686
N90 X-6.5 F1758.743
N95 G00 Z-25.8
N100 G90 G54 X-36.5 Y0
N105 Z-30.067
N110 G01 Z-33.7 F439.686
N115 X-6.5 F1758.743
N120 G00 Z-25.8
N125 G01 Z25. F500. M09
N130 G00 G90 G53 G49 H0 Z0 M05
N135 G54 X0 Y0
N140 M30
%
    
```

				MP.ПМКм-001.07.00.000		
Зм. Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Імітація обробки та код програми на операцію 040		
Розроб.	Бальшоенко					
Перев.	Лукаш Т.В.			Літ.	Маса	Масштаб
Т. контр.	Лукаш Т.В.			Арк.	Аркушів	
Реценз.				ІФНТУНГ		
Н. контр.	Лукаш Т.В.			ПМКм-24-1		
Затв.	Панчук В.Г.					

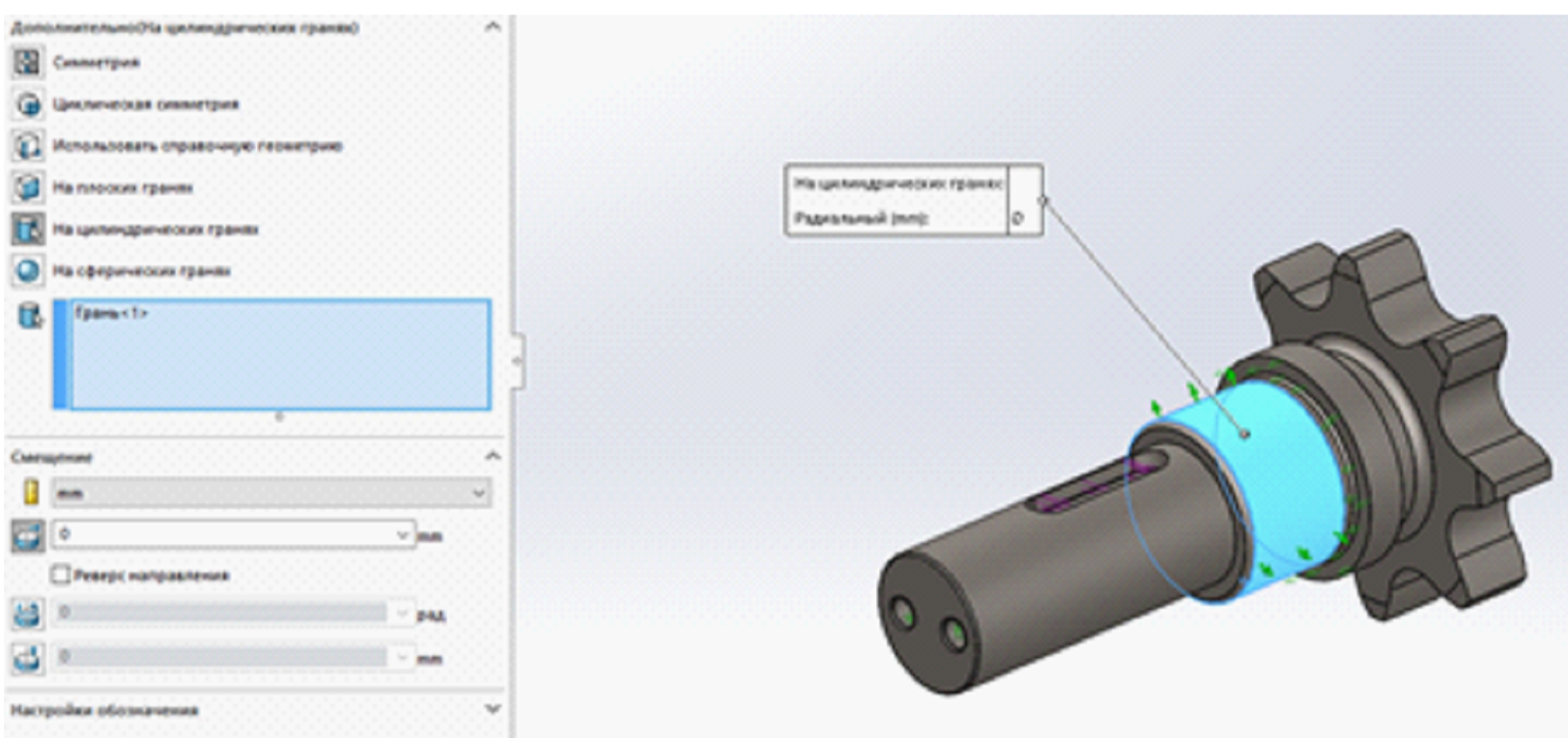
- Статический 1 (-По умолчанию-)
- Вал з шестерней (-[SW]AISI 1045 Сталь, холоднокатаная-)
- Соединения
- Крепления
- На цилиндрических гранях-1 (0 мм)
- На плоских гранях-1 (0-0 мм)
- На цилиндрических гранях-2 (переменная)
- Внешние нагрузки
- Сила-1 (На объект: 10 000 N)
- Сетка
- Параметры результатов
- Результаты
- Напряжения1 (-vonMises-)
- Перемещение1 (-Расположение результата-)
- Деформация1 (-Эквивалент-)



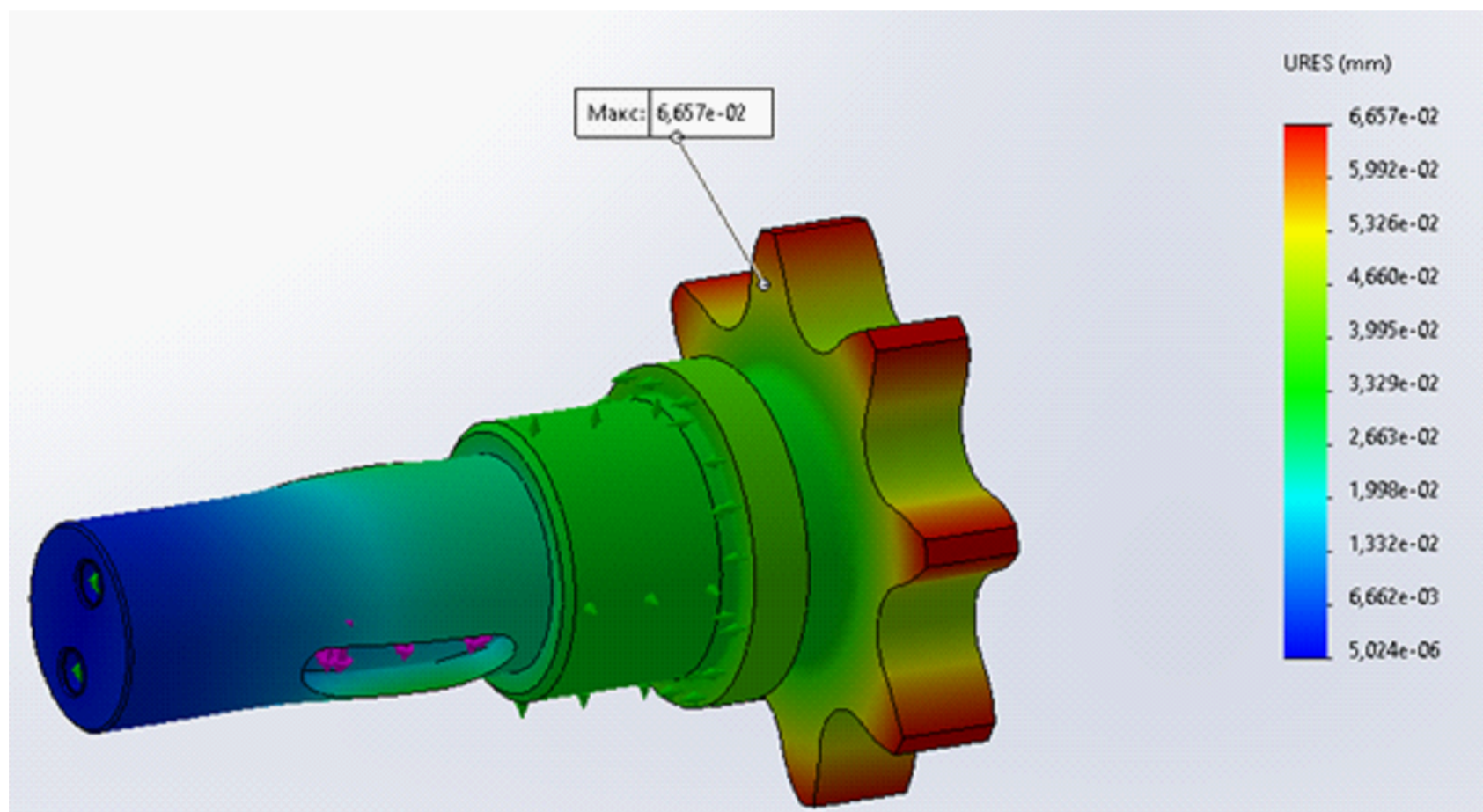
а **Дерево моделі (а) і сітка елементів (б)**

Еквівалентні напруження за Мізесом-Губером (МПа)

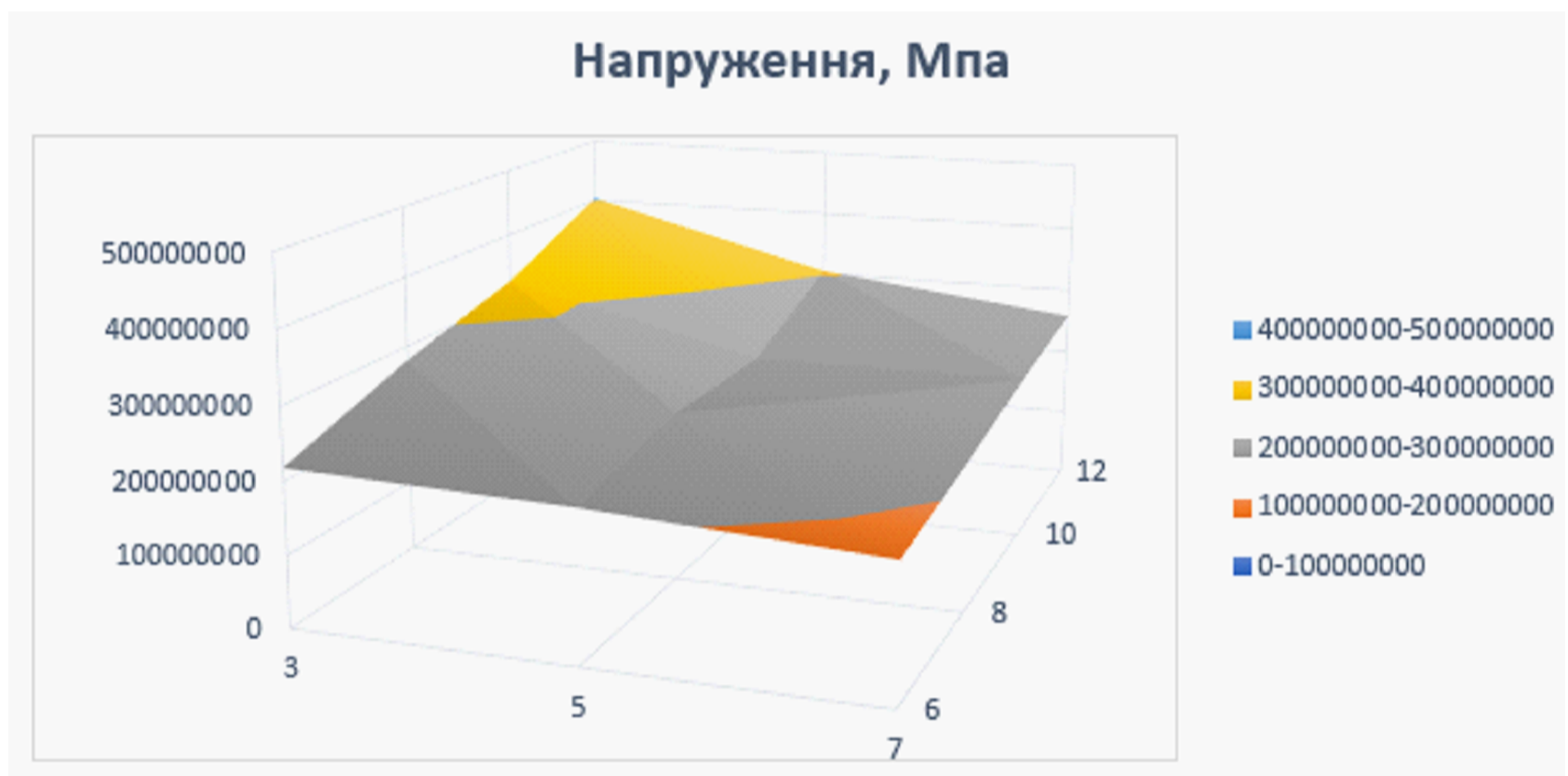
Вибрані для дослідження параметри



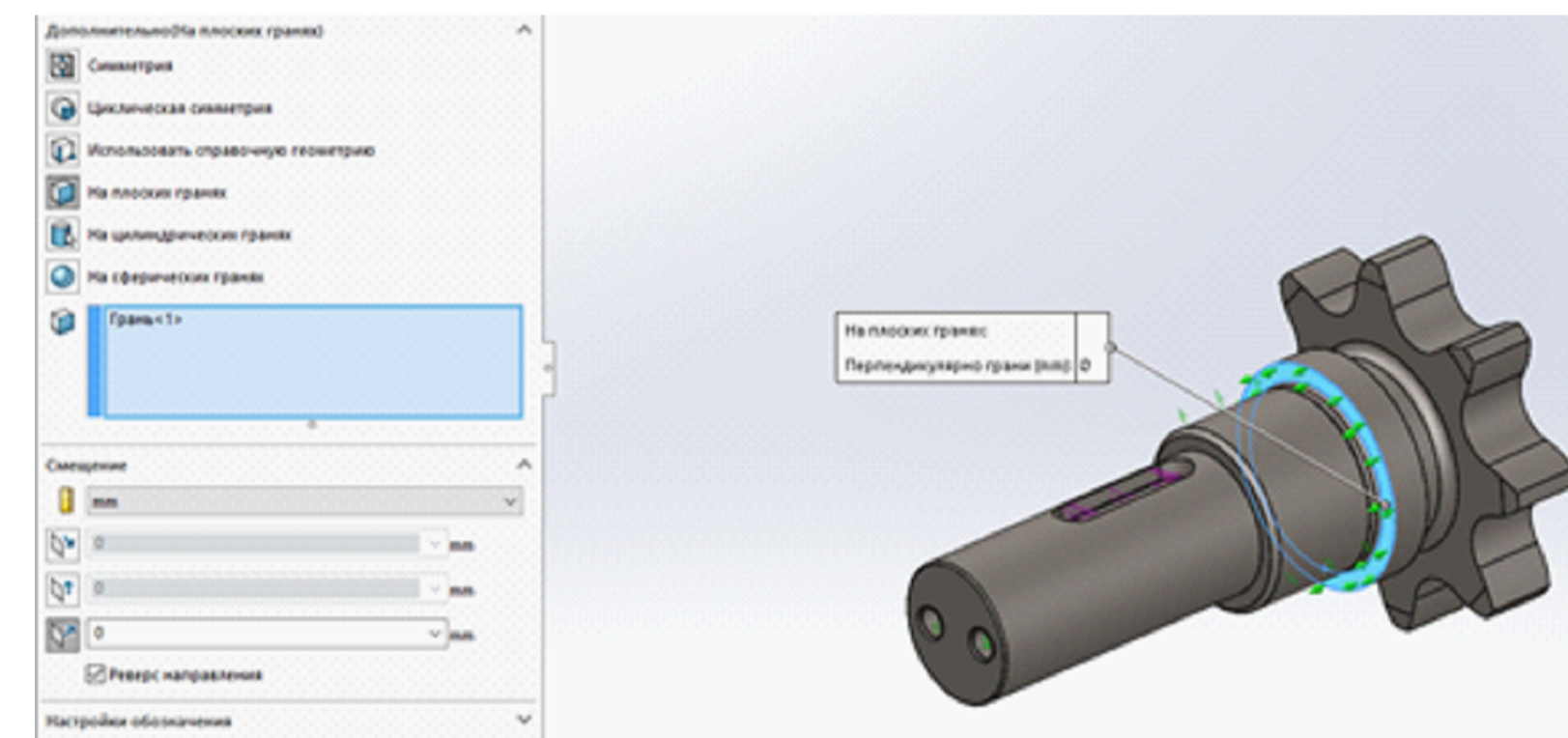
Граничні умови «На циліндричну поверхню»



Сумарні переміщення (мм)



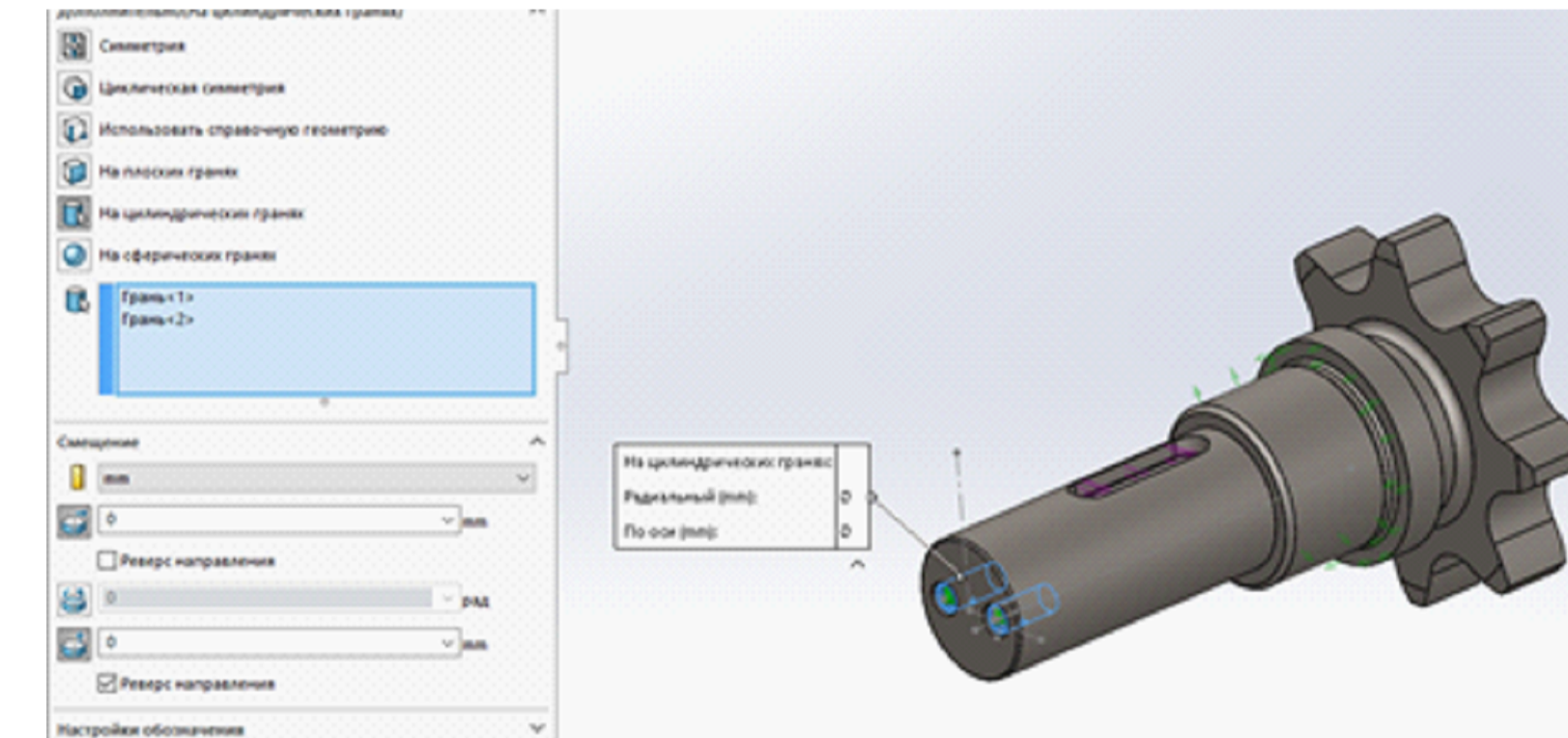
Напруження, Мпа



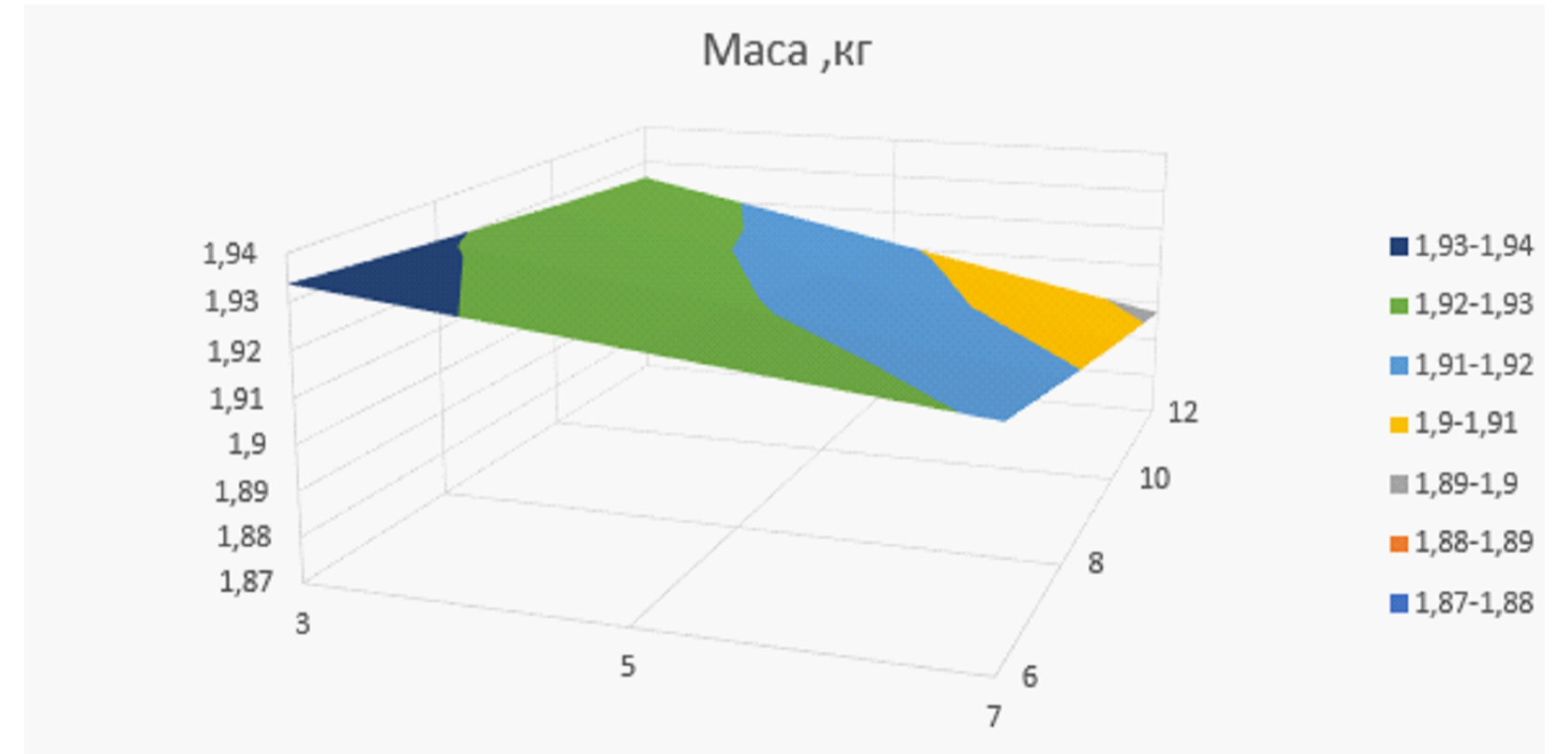
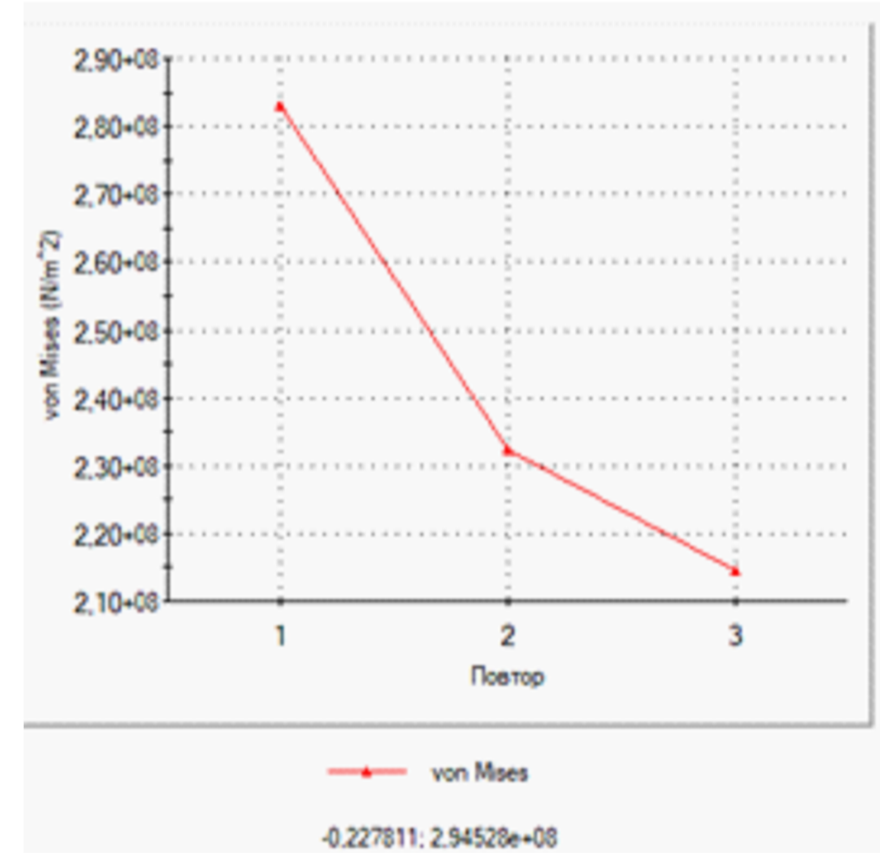
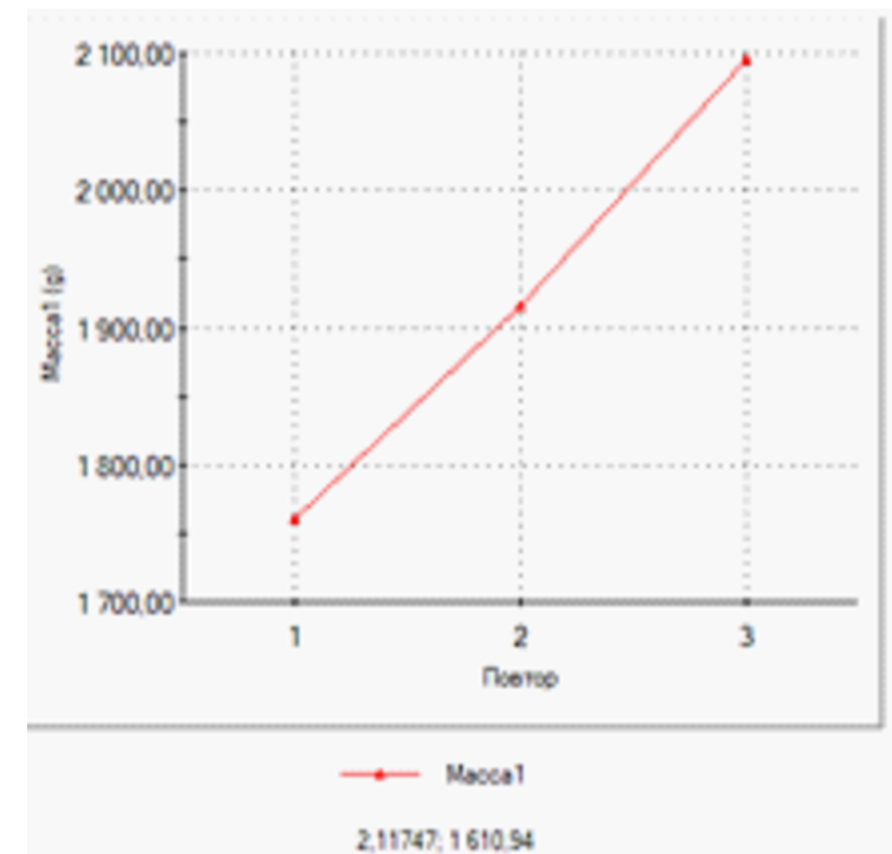
Граничні умови «На поверхню торця»

- Виявити тенденцію (-Повтор 3-)
- Журнал тенденцій
- Маса1
- Напряження1
- Перемещение1

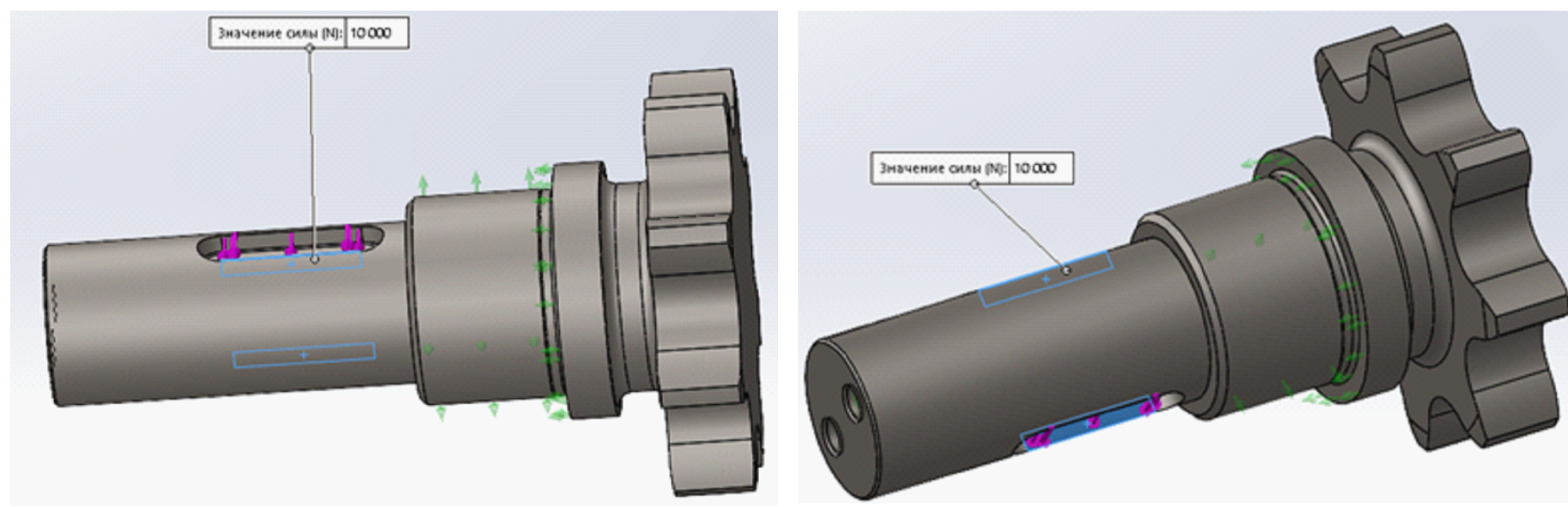
Залежність еквівалентних напружень від s і t



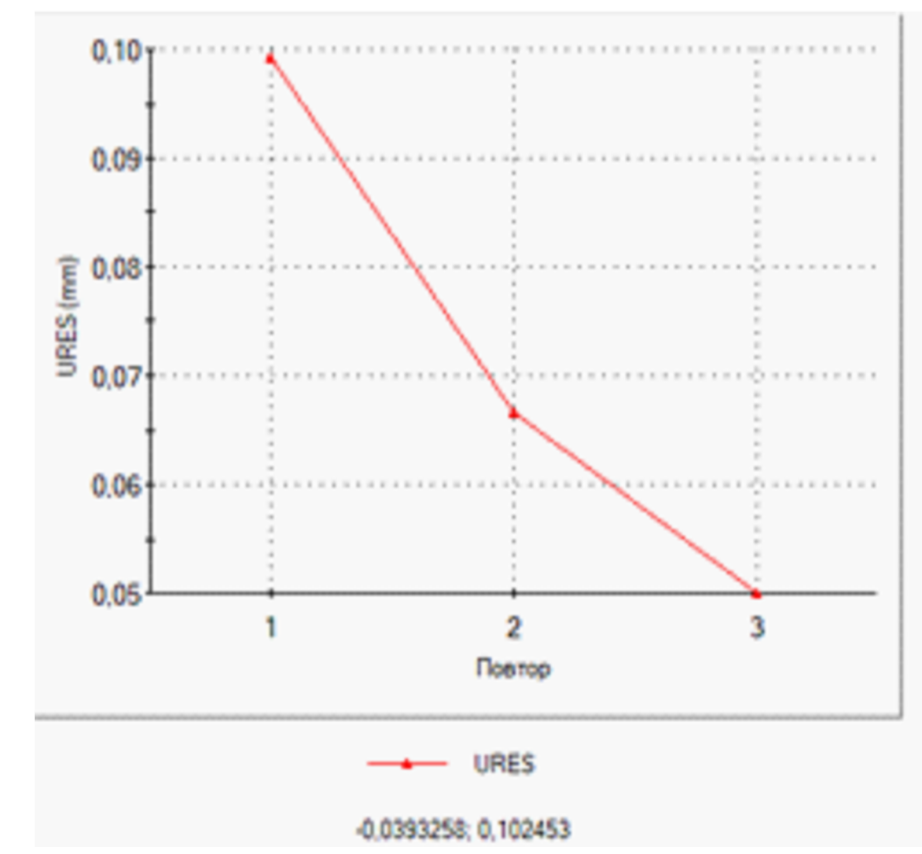
Граничні умови «На циліндричні поверхні отворів»



Залежність маси від s і t



Навантаження «Сила-1»



Результати параметричного дослідження «Виявити тенденцію»

				MP.ПМКм-001.08.00.000		
Зм.Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Параметричне дослідження конструкції деталі		
Розроб.	Бальошенко					
Перев.	Лукань Т.В.					
Т. контр.	Лукань Т.В.					
Реценз.				Літ.	Маса	Масштаб
Н. контр.	Лукань Т.В.			Арк.	Аркушів	
Затв.	Панчук В.Г.			ІФНТУНГ ПМКм-24-1		

Перв. примен.

Справа. №

Подп. и дата

Взам. инв. №

Инд. № дубл.

Подп. и дата

Инд. № подл.

Выбрать цель

Наилучшее отношение жесткости к массе (по умолчанию)

Ограничение смещения

Ограничение массы (По умолчанию)

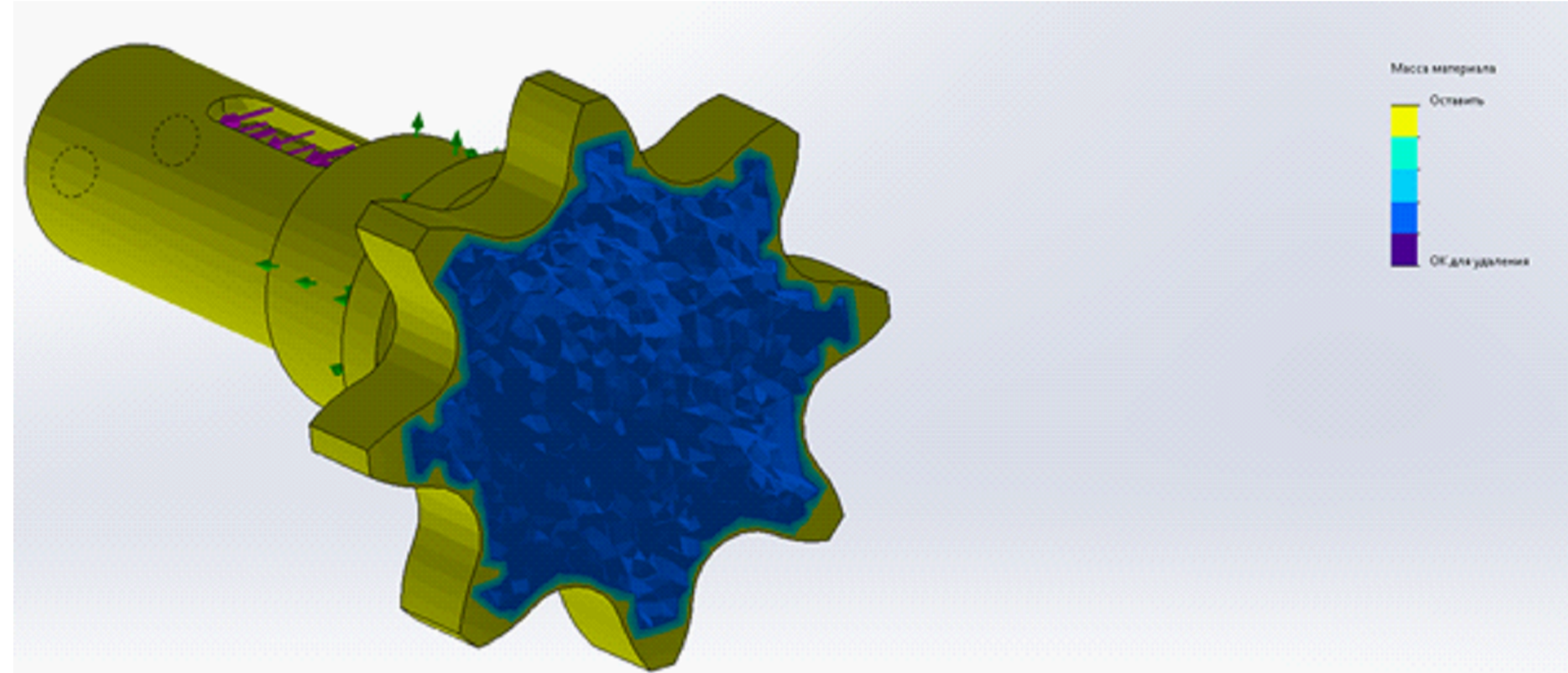
Уменьшить массу на (процент)

15 %

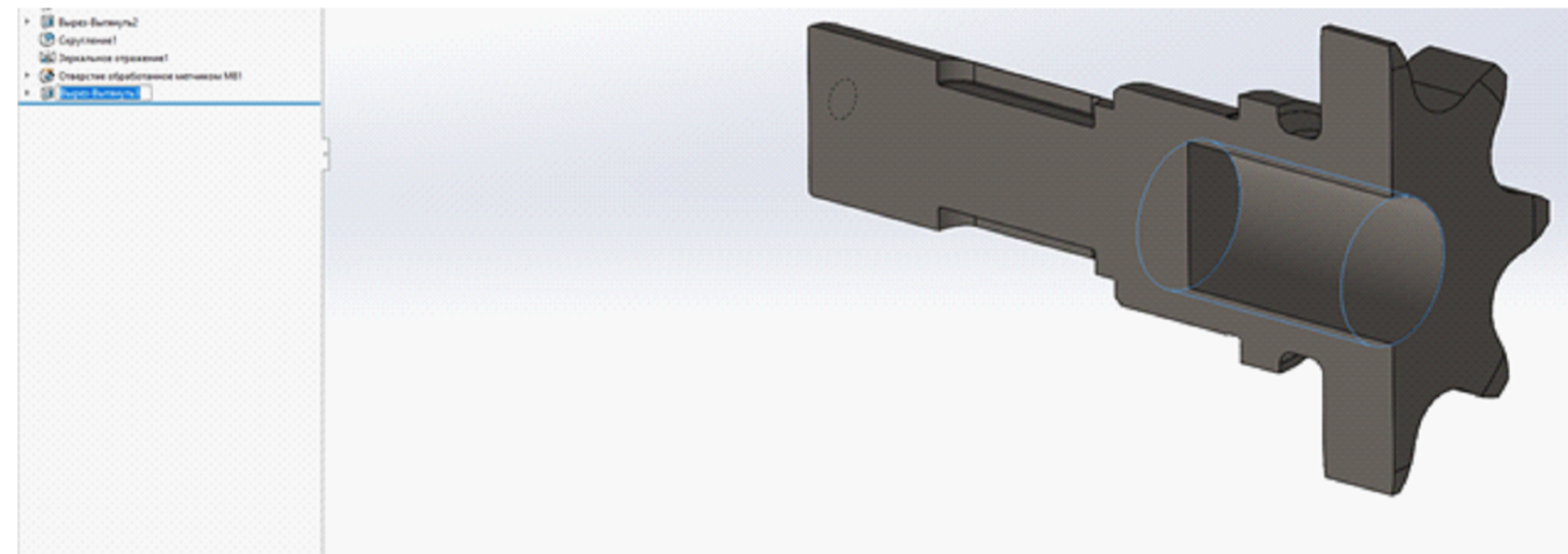
Текущая масса детали: 1.91605 kg

Конечная масса детали: 1.628645 kg

Цілі і обмеження оптимізації



Початкові дані і результати оптимізації



Додаткові елементи параметричної моделі

Усталость 1 (-По умолчанию-)

Настройки

Вал зірочка (-Настроенный пользователем-)

Нагрузка (-Постоянная амплитуда-)

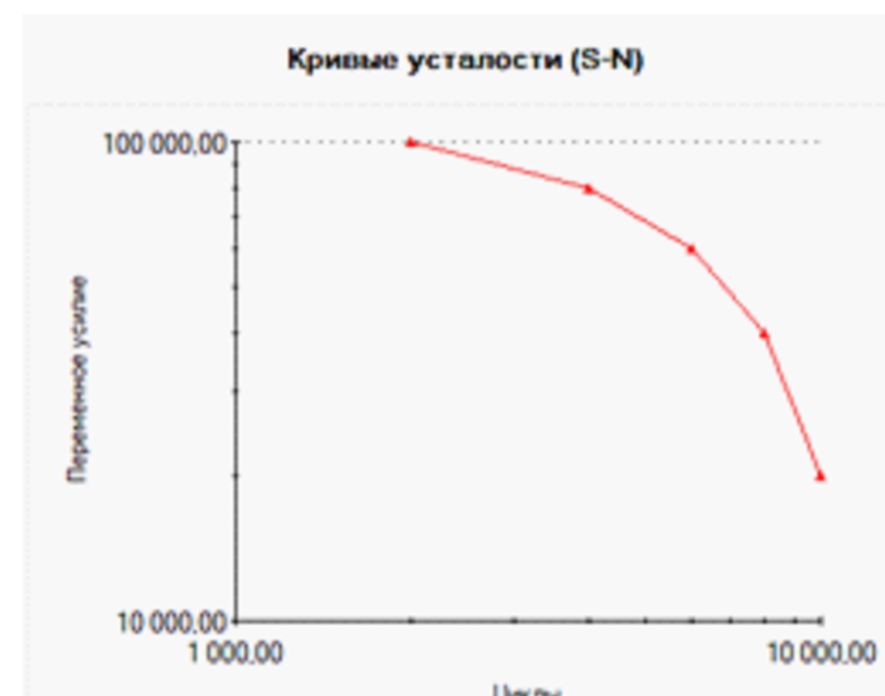
Событие-1

Параметры результатов

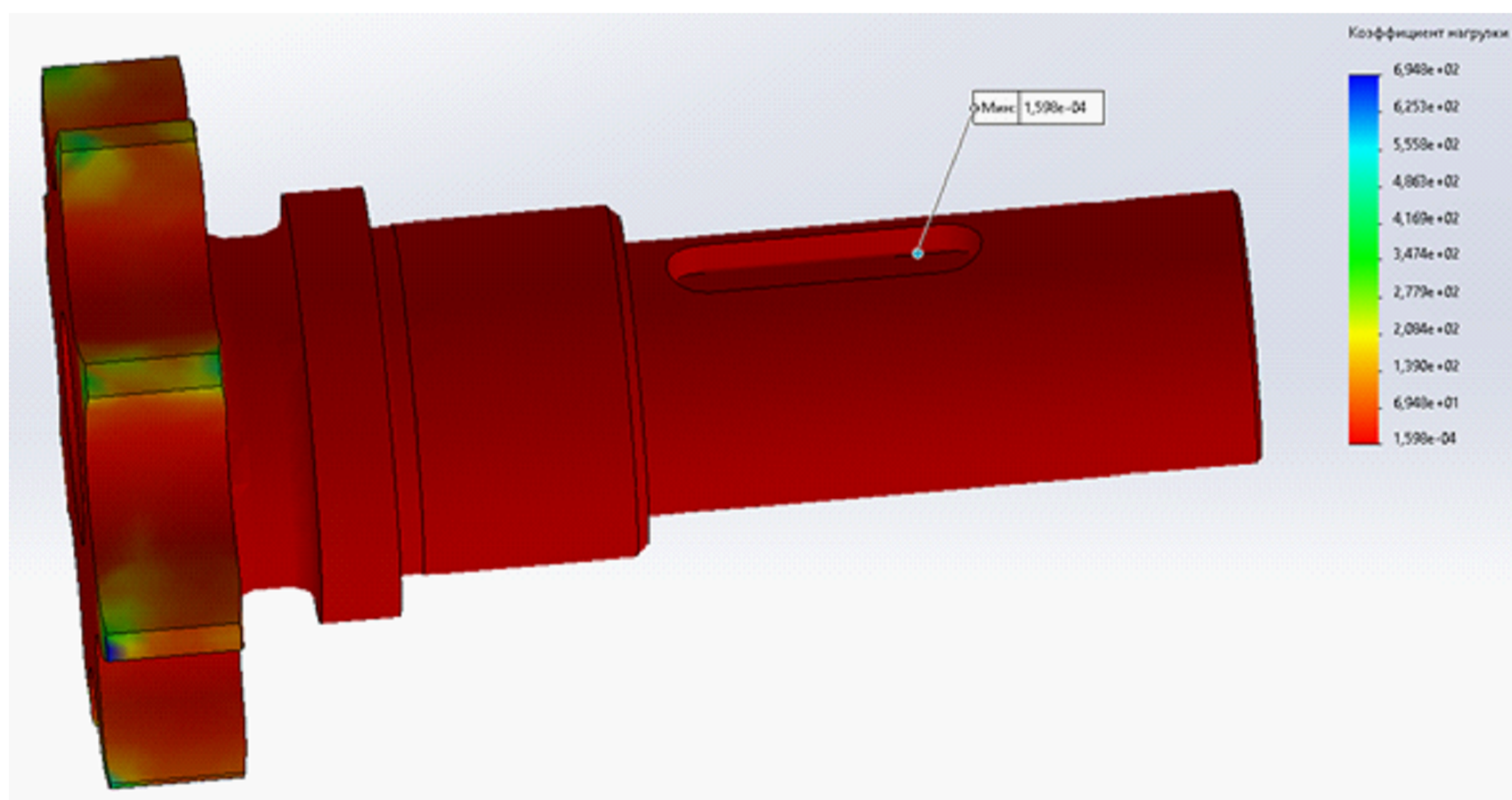
Результаты

Результаты1 (-Коэффициент нагрузки-)

Результаты2 (-Срок службы-)



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



Коефіцієнт запасу втомної міцності

Частота 1 (-По умолчанию-)

Настройки

Вал зірочка (-[SW]AISI 1045 Сталь, холоднотянутая-)

Соединения

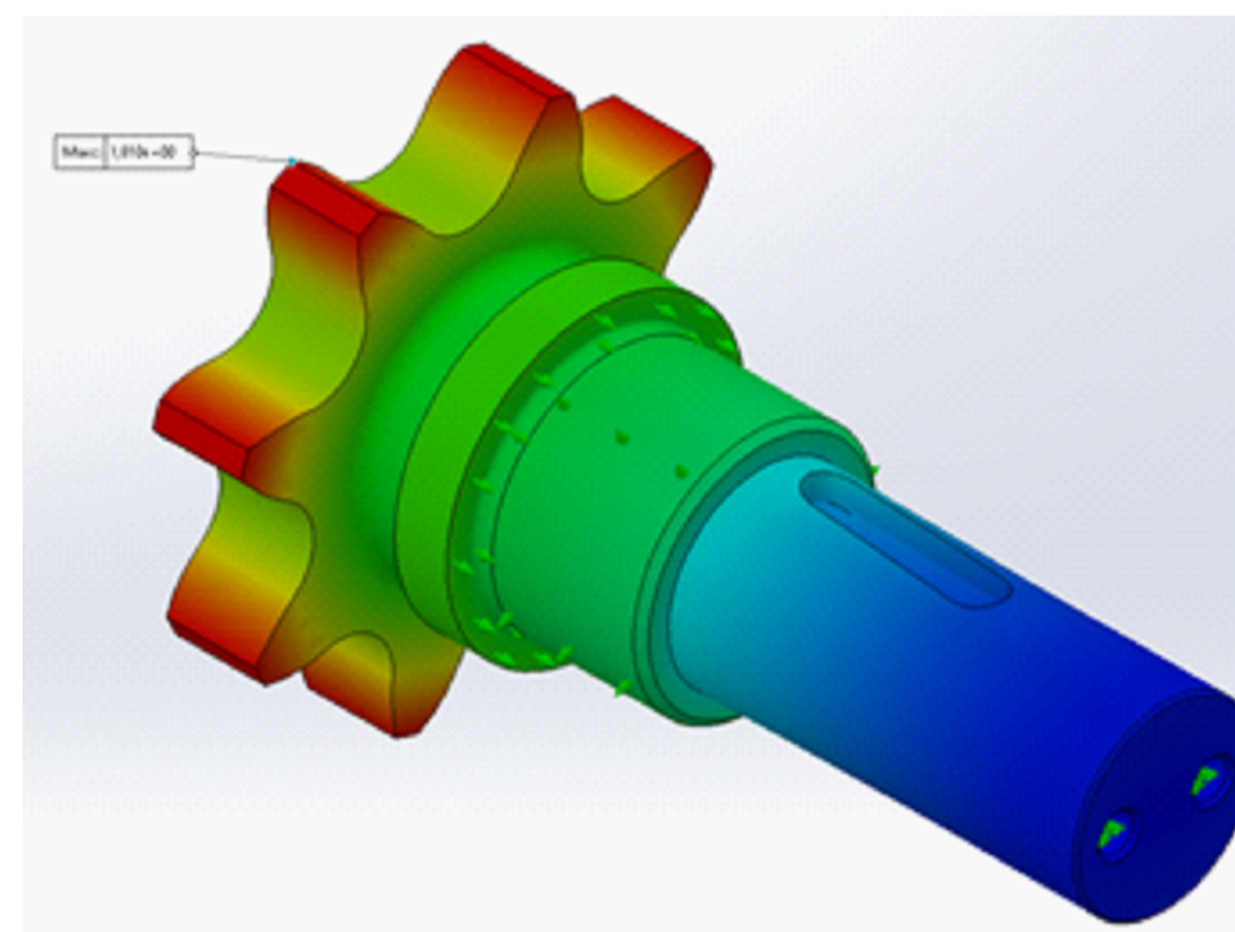
Крепления

- На цилиндрических гранях-1 (:0 mm)
- На плоских гранях-1 (:0 mm)
- На цилиндрических гранях-2 (:0 mm)

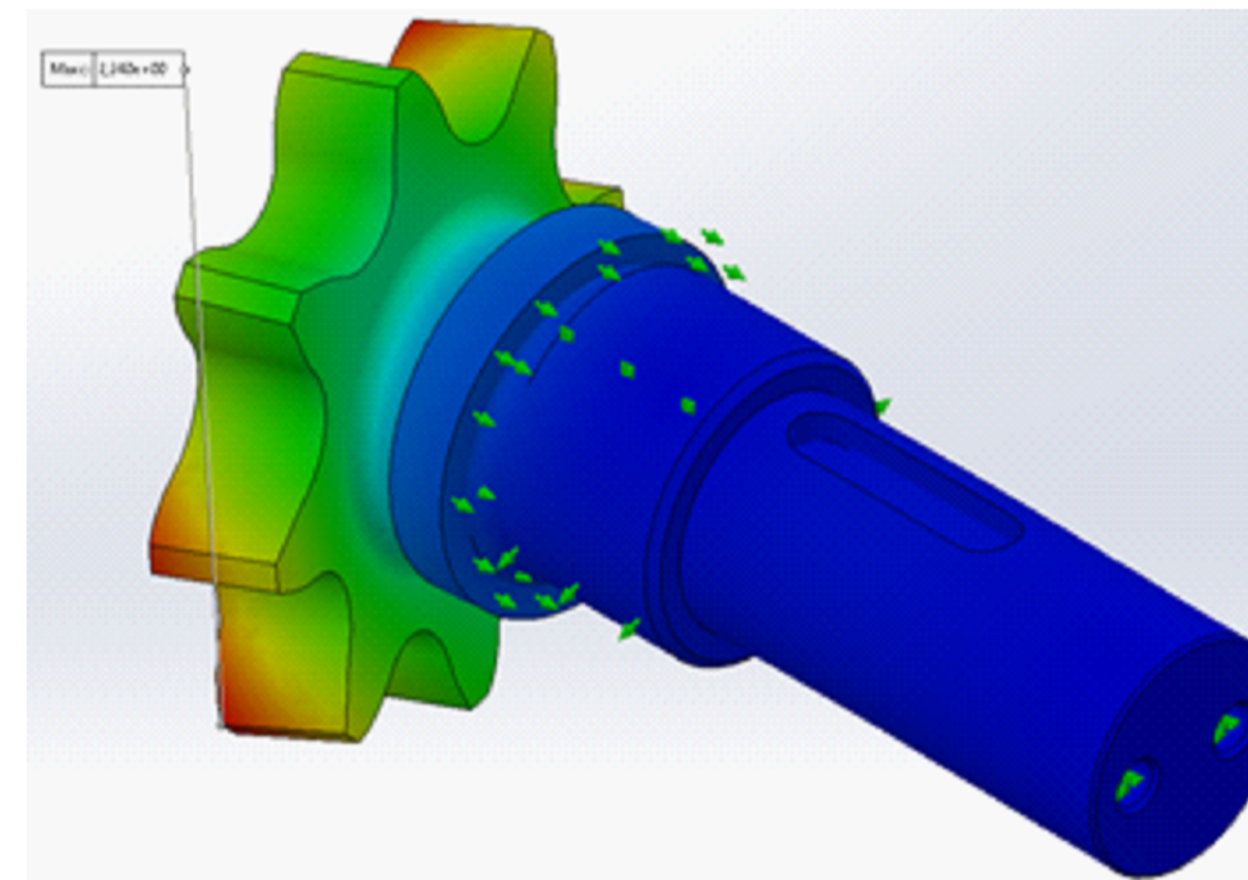
Внешние нагрузки

Сетка

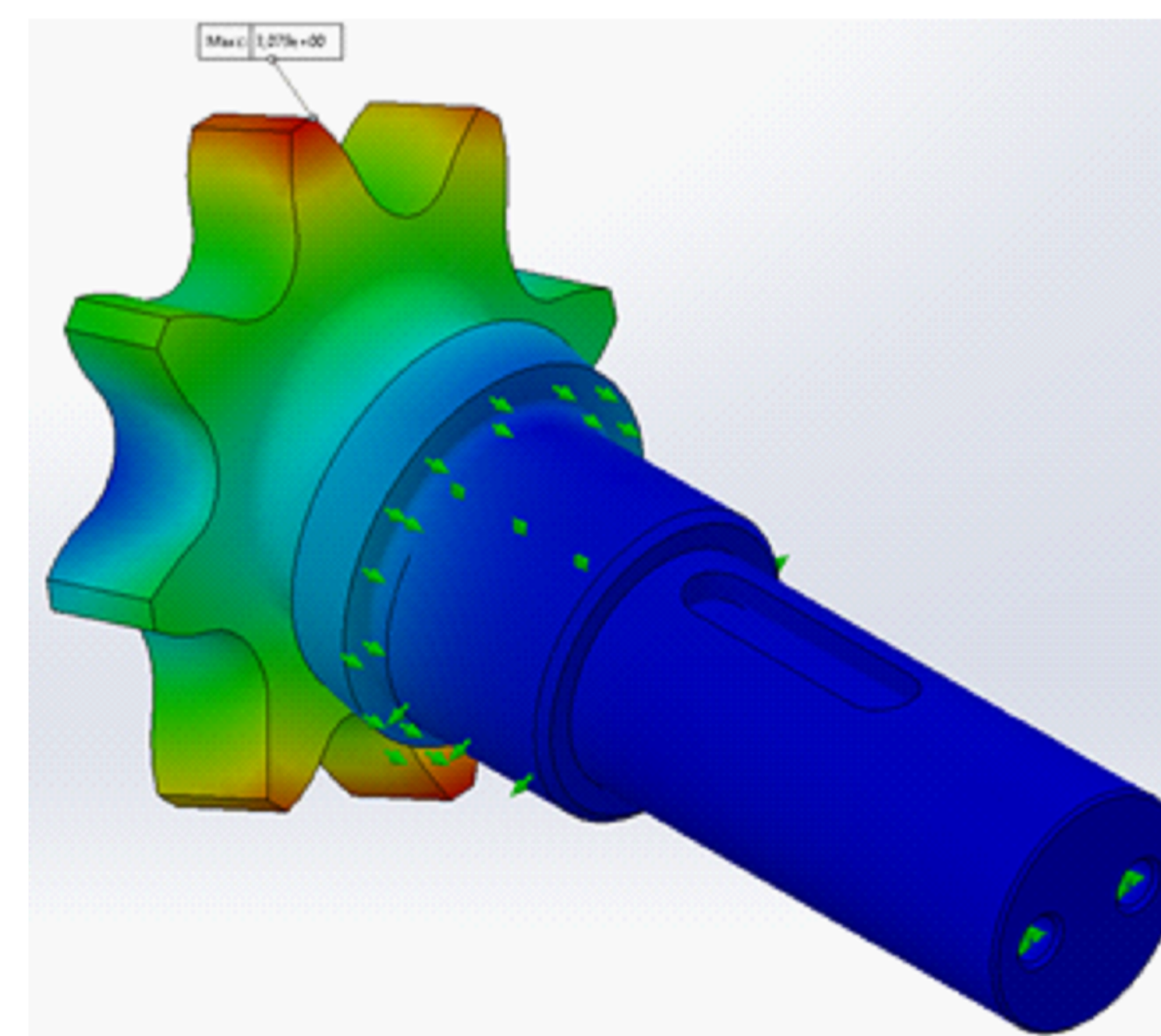
Вхідні дані



а



б



в

Формы вільних коливань: а- 1 997,4 Гц, б-6 747,3 Гц, в-11 290 Гц

Динамический 1 (-По умолчанию-)

Настройки

Вал зірочка (-[SW]AISI 1045 Сталь, холоднотянутая-)

Соединения

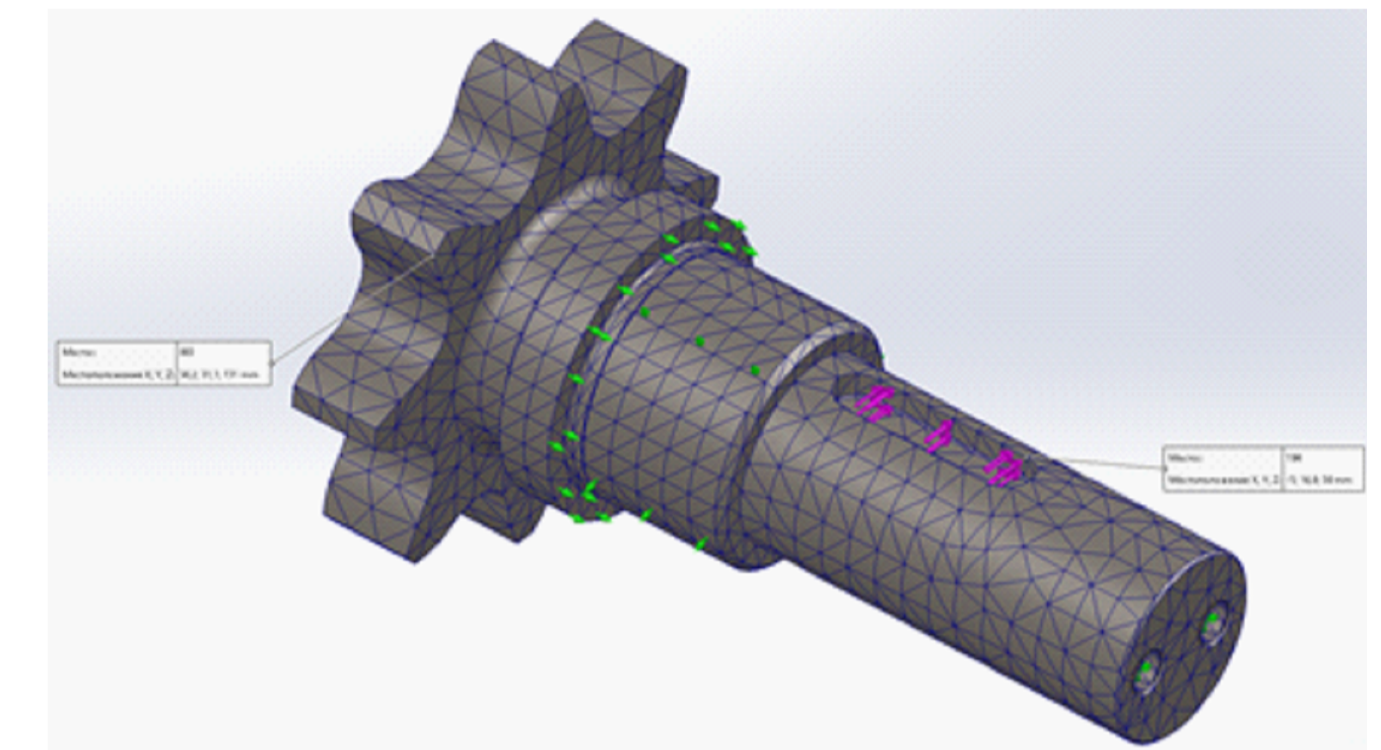
Крепления

- На цилиндрических гранях-1 (:0 mm)
- На плоских гранях-1 (:0 mm)
- На цилиндрических гранях-2 (:0 mm)

Внешние нагрузки

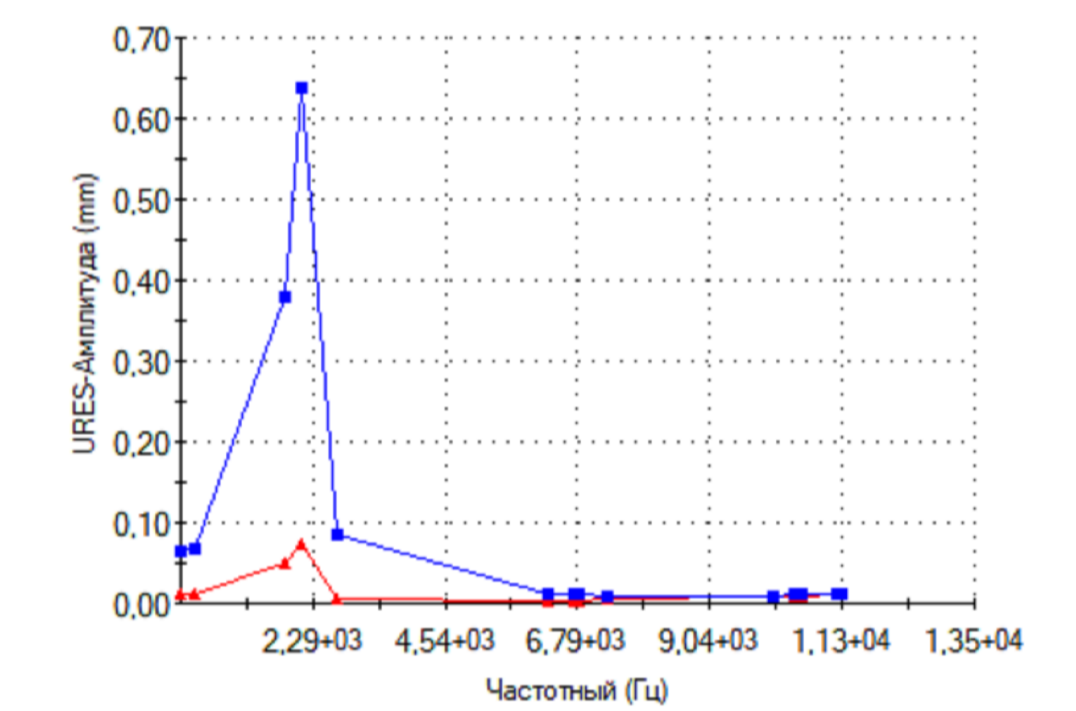
- Сила-1 (:На объект: 10 000 N)
- Сетка
- Демпфирование (-Демпфирование отсутствует-)
- Параметры результатов

Вхідні дані



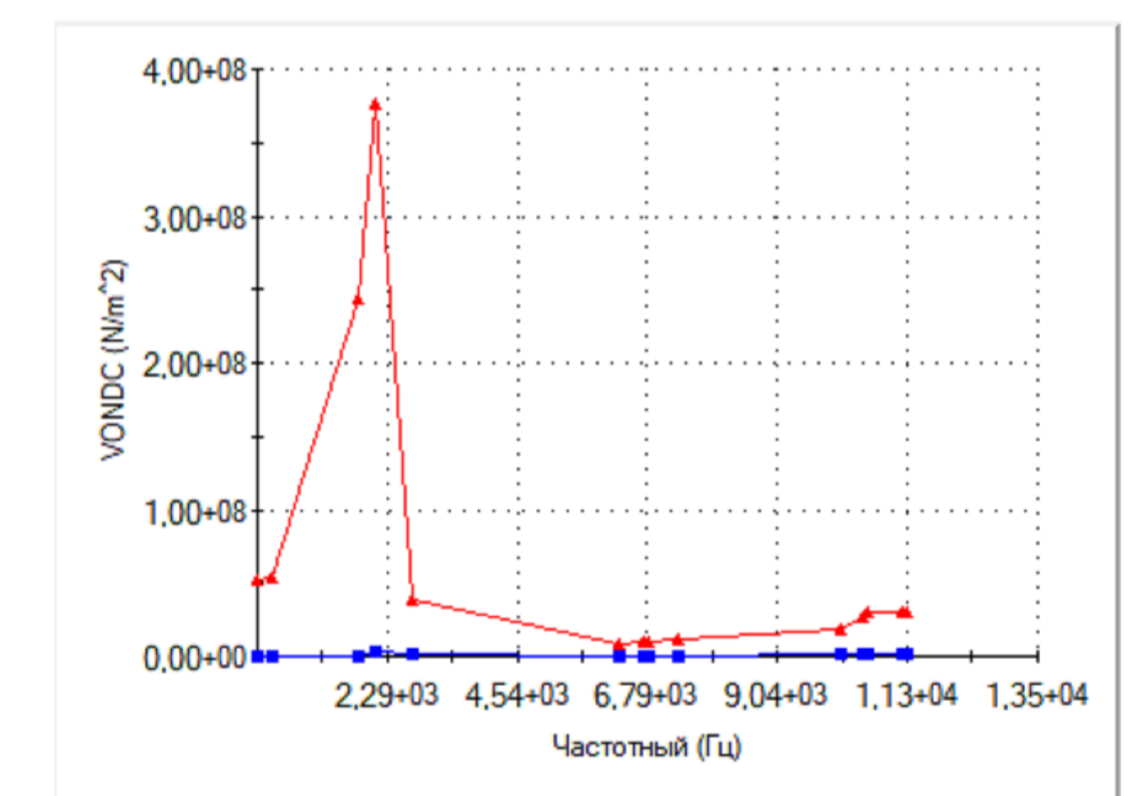
Обрані вузли для визначення амплітуди деформацій

График отклика



Амплітуда переміщень в вузлах 194 і 883

График отклика



Амплітуда еквівалентних напружень вузлах 194 і 883

				MP.ПМКМ-001.09.00.000		
Зм. Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Задача топологічної оптимізації конструкції і аналіз лінійних, вільних та вимушених гармонічних коливань деталі		
Розроб.	Бальошенка					
Перев.	Лукач Т.В.					
Т. контр.	Лукач Т.В.					
Реценз.						
Н. контр.	Лукач Т.В.			Літ.	Маса	Масштаб
Затв.	Панчук В.Г.			Арк.	Аркушів	
				ІФНТУНГ ПМКМ-24-1		