

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Інститут інженерної механіки та робототехніки

Кафедра комп'ютеризованого машинобудування

Матіїв Назарій Петрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 621.91

(індекс)

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

Технологія виготовлення деталі «Важіль КТ 8041.31.101»

(назва роботи)

Прикладна механіка

(назва освітньої програми)

131- Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

Н.П.Матіїв

(підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього ступеня)

Науковий керівник: Одосій Зіновій Михайлович, к.т.н., доцент

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

Допущено до захисту

Завідувач кафедри

професор

(посада)

(підпис)

(дата)

В. Г. Панчук

(ініціали та прізвище)

Рецензент

(посада)

(підпис)

(дата)

(ініціали та прізвище)

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

м.Івано-Франківськ-2025 рік

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Одосій З. М. професор каф. КМВ		
2	Одосій З. М., професор каф. КМВ		
3	Одосій З. М., професор каф. КМВ		

7. Дата видачі завдання 25.02.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Технологічна частина	10.03.2025	
2	Конструкторська частина	15.04.2025	
3	Розроблення керуючої програми	15.05.2025	
4	Оформлення ПЗ та графічної частини	07.06.2025	

Студент

_____ (підпис)

Матіїв Н.П.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Одосій З.М.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

кваліфікаційної бакалаврської роботи: «Технологія виготовлення деталі «Важіль КТ 8041.31.101»».

Розрахунково-пояснювальна записка на 75 сторінках і містить: 40 рисунків, 18 таблиць, 11 посилань на літературні джерела, 15 аркушів ф. А4 додатків.

Графічна частина: 5 аркушів формату А1.

Об'єкт дослідження – технологічний процес механічної обробки.

Предмет дослідження - деталь “ Важіль КТ 8041.31.101”

Мета роботи – розробити технологію виготовлення важеля КТ 8041.31.101, що забезпечить його виготовлення з мінімальними затратами, а також відповідно розробленому технологічному маршруту сконструювати спеціальний верстатний пристрій для базування і закріплення деталі на механообробній операції, скласти керуючу програму для верстата з ЧПК.

Для досягнення поставленої задачі проведено аналіз конструкції деталі, її призначення, вибрано відповідно типу виробництва оптимальний спосіб отримання заготовки (литвом у кокіль) та по рекомендаціях технічної літератури розроблено проектний маршрут механічної обробки. В конструкторській частині для закріплення деталі на горизонтально-розточній операції (верстат мод. 2А620Ф2-1) розроблено спеціальний верстатний пристрій. В 3 розділі розроблено керуючу програму для обробки на верстаті з ЧПК. В додатках наведена уся необхідна технологічна документація.

Результати роботи можуть бути використані в машинобудівній галузі.

Ключові слова: *заготовка, деталь, технологічний процес, режими різання, норми часу, операція, інструмент, обладнання, пристрій.*

Студент: Матіїв Н.П.

SUMMARY

qualifying bachelor's work: "Manufacturing technology of the part "Lever KT 8041.31.101".

The explanatory note is 75 pages long and contains: 40 figures, 18 tables, 11 references to literary sources, 15 sheets of A4 applications.

Graphic part: 5 sheets of A1 format.

The object of research is the technological process of machining.

The subject of research is the part "Lever KT 8041.31.101"

The purpose of the work is to develop a technology for the manufacture of the lever KT 8041.31.101, which will ensure its manufacture with minimal costs, and also, in accordance with the developed technological route, to design a special machine tool device for basing and fixing the part on the machining operation, to compile a control program for a CNC machine.

To achieve this task, we analyzed the design of the part, its purpose, selected the optimal method of obtaining the workpiece (by casting in a coil) in accordance with the type of production, and developed a design route for machining according to the recommendations of technical literature. In the design part, a special machine tool device was developed for fixing the part on a horizontal boring operation (machine tool mod. 2A620F2-1). In Chapter 3, a control program for machining on a CNC machine was developed. All necessary technological documentation is provided in the appendices.

The results of the work can be used in the machine-building industry.

Keywords: *workpiece, part, technological process, cutting modes, time standards, operation, tool, equipment, device.*

Student: Matiyev N.P.

Зміст

1 Вступ

1 Технологічна частина

1.1 Опис призначення і конструкції деталі

1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі

1.3 Визначення річної програми та кількості деталей в партії.

Вибір форми організації виробництва

1.4 Аналіз базового технологічного процесу і розробка маршрутної технології

1.4.1 Техніко-економічне обґрунтування вибору заготовки

1.4.2 Опис і аналіз базового технологічного процесу

1.4.3 Технічне обґрунтування вибору проектного варіанту маршруту механічної обробки

1.5 Розробка операційної технології

1.5.1 Розрахунок припусків на механічну обробку і визначення технологічних розмірів

1.5.2 Розрахунок режимів різання і уточнення моделей верстатів

1.5.3 Розрахунки пов'язані з підготовкою карти налагодження

1.5.4 Технічне нормування

2 Конструкторська частина

2.1 Початкові дані. Опис будови і принцип роботи пристрою

2.2 Розрахунок сили різання

2.3 Розрахунок пристрою на точність

2.3 Розрахунок слабкої ланки пристрою

2.4 Рівень стандартизації пристрою

3 Розроблення керуючої програми для верстата з ЧПК

Висновки

Перелік посилань на джерела

Додатки

					БР.ПМ-043.00.000 ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ Докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Матій Н.П.</i>			Пояснювальна записка	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушіє</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Одосій З.М.</i>					<i>1</i>	
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>		<i>Одосій З.М.</i>						
<i>Затв.</i>		<i>Панчук В.Г.</i>						
						ІФНТУНГ гр.ПМ-21-1		

Вступ

Під технологією машинобудування розуміють наукову дисципліну, яка вивчає переважно процеси механічної обробки деталей, попутно розглядає питання вибору заготовок і методи їх виготовлення. Це пояснюється тим, що в машинобудуванні задані форми деталей з точністю та кількістю їх поверхонь, які вимагаються, досягаються в основному шляхом механічної обробки не завжди можуть забезпечуватись. В процесі механічної обробки деталей машин виникає найбільша кількість проблемних запитань, пов'язаних з необхідністю виконання технічних вимог. Процес механічної обробки поверхонь з експлуатацією технологічного обладнання-металорізальних верстатів, трудомісткість і собівартість механічного обладнання більша, ніж на інших етапах процесу виготовлення машин.

Ці обставини пояснюють розвиток технології машинобудування як наукової дисципліни в першу чергу в напрямку вивчення питань технології механічної обробки, які в найбільшій мірі впливають на продуктивність підприємства.

Зменшення витрат на виготовлення виробів у машинобудуванні є неодмінною умовою підвищення прибутковості й конкурентоспроможності машинобудівного виробництва в ринкових умовах. Обробка різанням - найголовніша стадія у виробництві машин як за часткою, так і за впливом на якість машин. Тому вдосконалення технології механічної обробки заготовок деталей машин є важливою і актуальною задачею.

В проекті передбачається підвищити ефективність механічної обробки "важеля" шляхом:

- виявлення та усунення недоліків технології на базовому підприємстві;
- використання методів обробки та засобів технологічного оснащення, які повніше відповідають особливостям конструкції деталі та заданому типу виробництва;
- виявлення технологічно обґрунтованих матеріальних і трудових нормативів виконання процесу.

					БР.ПМ-043.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 Технологічна частина

1.1 Опис призначення і конструкції деталі

"Важіль КТ 8041 31.101" складова деталь коліно-важільного багатоланкового механізму виштовхувача виробів із нижньої частини штампа пресів для холодної об'ємної штамповки. Виштовхувач кривошипно-колінного механізму приводиться в рух від шатуна головного приводу і перетворює його коливний рух у зворотньо-поступальний рух.

Робоче креслення деталі містить всі необхідні відомості про неї. Деталь має дві базові поверхні-два отвори $\varnothing 115H7$ та два отвори $\varnothing 70H7$. Отворами $\varnothing 115H7$ деталь монтується на вал, який розміщений в станині пресу. В правий отвір $\varnothing 70H7$ монтується серга, яка з'єднує важіль з шатуном преса, а в лівий отвір $\varnothing 70H7$ монтується тяга, яка з'єднує його з виштовхувачем. В чотири різьбові отвори M10-6H кріпляться вісетримачі, а в отвір K1/8"- штуцер, через який подається олива для змащування.

Конфігурація важеля та його конструктивно-розмірні характеристика забезпечує здійснення заданої циклограми руху виштовхувача-поворот колінчастого валу на кут в межах від 60° до 80° , що дозволяє автоматизувати процес штамповки.

Загалом, конструкція важеля представляє собою вилку - поєднання пустотілого циліндра з двома розташованими паралельно трапецієвидними плитами з майже прямокутними потовщеннями на протилежному кінці з розмірами на головному вигляді 462x289 мм та висотою циліндра 410 мм.

Точними поверхнями є отвори $\varnothing 70H7$ та $\varnothing 115H7$, зв'язані між собою радіусом $307^{+0.2}$ мм та непаралельністю осей 0,03 мм. Співвісність отвору $\varnothing 70H7_{-0.05}$ мм, отвору $\varnothing 115H7_{-0.06}$ мм.

Розміщення різьбових отворів M16-6H задано відносно осі поверхні $\varnothing 70H7$ - розміром $100 \pm \frac{l_2}{2}$.

Розміщення отвору K1/8" задано кутом 30° відносно горизонтальної осі поверхні $\varnothing 115H7$ та розміром 205 мм.

					БР.ПМ-043.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В отворі Ø115H7 є шпонковий паз 12Н9 виконаний по 9 квалітету точності і шорсткістю Ra=3,2 мкм, при допомозі якого важіль з'єднується з валом по перехідній посадці.

Механічні властивості та хімічний склад чавуну СЧ20 наведеш в таблицях 1.1 та 1.2.

Таблиця 1.1 - Механічні властивості чавуну СЧ20 ДСТУ 8833:2019.

Границі міцності при розтягуванні, МПа	Границі міцності при згинанні, МПа	Твердість, НВ
196	392	170...241

Таблиця 1.2 - Хімічний склад чавуну СЧ20 в %

С, %	Si, %	Mn, %	P	S	Cr	Ni
			Не більше, %			
3,3...3,5	1,4...2,2	0,7...1,0	0,20	0,15	0,20	0,20

Проведемо класифікацію поверхонь деталі. Для спрощення опису кожній поверхні деталі присвоюємо номер і вказуємо його на кресленні. Результат даного аналізу зводимо в таблицю 1.3.

В результаті проведеного аналізу поверхонь деталі можна зробити висновок, що найбільш точними з точки зору шорсткості і вимог поставлених щодо геометричної точності поверхонь є ОКБ 1,2 та ДКБ 3,4.

					БР.ПМ-043.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.3 - Конструктивні характеристики поверхонь

№ п/п	Геометрична форма, конфігурація, призначення	Розміри	Квалітет точності, допуск	Степінь точності форми і розміщення їх допуску	Шорсткість поверхні Ra, мкм
1	2	3	4	5	6
1,2	Циліндрична внутрішня (ОКБ)	Ø115	H7	Допуск співвісності отвору відносно осі отв.в Ф0,06мм	1,6
3,4	Циліндрична внутрішня (ДКБ)	Ø70	H7	Допуск співвісності осей отворів 3 і 4 Ф0,05мм. Допуск паралельності отвору відносно осі отвору в 0,03мм.	1,6
5,6	Площина (ДКБ)	410	-	Вмежах поля допуску	6,3
7	Різьба конічна внутрішня (ДКБ)	K1/8"	-	В межах поля допуску	6,3
8	Шпонковий паз (ОКБ)	12	H9	В межах поля допуску	3,2
9,10	Площина (ДКБ)	84	-	В межах поля допуску	6,3
11,12	Площина (ДКБ)	280	-	В межах поля допуску	6,3
13	Різьба циліндрична внутрішня (ДКБ)	M10 6Hx16 -25	-	Позиційний допуск осей отв.13 Ф0,25мм (допуск залежний)	3,2

1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі

Деталь Важіль КТ 8041.31.101 відноситься до класу не круглі стрижні, отримується литвом із сірого чавуна СЧ20 ДСТУ 8833:2019. Для того, щоб дати аналіз технологічності деталі скористаємось методикою поданою в [5, с.12]. Дана конструкція деталі не допускає обробку площин на прохід, так як вони виконані у формі сходинок (поверхні 6, 12 і 5, 11). Форма отворів 1,2,3,4 дозволяє їх розточування на прохід з однієї і другої сторони. Отвір 13 можна обробляти

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР.ПМ-043.00.000 ПЗ				

одночасно на багатошпindelних верстатах, враховуючи відстані між осями. До цих оброблюваних поверхонь є вільний доступ різального інструменту і вимірного. Підрізка торців 9,10 з внутрішніх сторін потрібна, так як деталь отримується литтям в піщано-глинясті форми і цим методом ми не досягнемо даної шорсткості і точності розмірів. Конструкція деталі має глухі отвори 13, які не можна замінити на наскрізні, так як це може призвести до послаблення міцності і жорсткості деталі. Також в конструкції деталі є поверхня, яка розміщена під кутом (поверхня 7), яку неможна зробити паралельно чи взаємоперпендикулярно, так як немає іншої можливості виконати цю поверхню, і інше виконання змінить функціональне призначення поверхні. Також в конструкції деталі відсутня внутрішня різьбова поверхня великого діаметра. Обробку всієї заготовки неможна обробити з одного установу. В конструкції деталі немає поверхонь, які б могли служити постійно чистовими базами і чорновими. Зміцнювати матеріал заготовки недоцільно, так як найдоцільніший метод отримання заготовки є литво, а матеріал заготовки дуже добре підходить до цього методу. В заготовці є поверхні (14,15,16,17) які не потребують обробки різанням.

Отже, деталь “Важіль КТ 8041.31.101” є достатньо жорсткою і технологічною в обробці.

Також у цьому розділі проведемо можливі варіанти технології обробки поверхонь, що дозволяють забезпечувати задану точність і шорсткість поверхонь та точність їх розміщення.

Зроблений аналіз методів обробки оформимо у вигляді таблиці 1.4.

					БР.ПМ-043.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.4 - Аналіз методів обробки деталі

№ пов.	Варіант методів обробки	Тип обладнання, пристрій, інструмент	Переваги і недоліки
1	2	3	4
1,2	Розточування Розсвердлювання	Верстат-горизонтально-розточний. Пристрій-спеціальний. Інструмент-різець розточний державевий. Верстат радіально-свердлильний. Пристрій-спеціальний. Інструмент-свердло.	Переваги: використання універсального обладнання і інструмента. Недоліки: порівняно низька продуктивність праці, відсутність механізації і автоматизації. Висока вартість пристрою. Переваги: використання універсального обладнання і інструмента. Недоліки: порівняно низька продуктивність праці, відсутність автоматизації і механізації, висока вартість пристрою, порівняно швидке зношування інструменту.
3,4	Розточування Розсвердлювання	Верстат-горизонтально-розточний. Пристрій-спеціальний. Інструмент-різець розточний державевий. Верстат радіально-свердлильний. Пристрій-спеціальний. Інструмент-свердло.	Переваги: використання універсального обладнання і інструмента. Недоліки: порівняно низька продуктивність праці, відсутність механізації і автоматизації. Висока вартість пристрою. Переваги: використання універсального обладнання і інструмента. Недоліки: порівняно низька продуктивність праці, відсутність автоматизації і механізації, висока вартість пристрою, порівняно швидке зношування інструменту.

					БР.ПМ-043.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 1.4

1	2	3	4
5,6	Фрезерування	Верстат-горизонтально-розточний. Пристрій-спеціальний. Інструмент-фреза торцюва.	Переваги: використання універсального обладнання і інструмента. Недоліки: порівняно низька продуктивність праці, відсутність механізації і автоматизації. Висока вартість пристрою.
	Фрезерування	Верстат-горизонтально-фрезерний. Пристрій-спеціальний. Інструмент-фреза дискова.	Переваги: використання універсального обладнання і інструмента. Недоліки: порівняно низька продуктивність праці, відсутність автоматизації і механізації, висока вартість пристрою.
7	Різьбонарізання	Верстат-радіально-свердлильний. Пристрій-універсальний. Інструмент-мітчик.	Переваги: використання універсального обладнання, пристрою і інструмента. Недоліки: порівняно низька продуктивність праці, відсутність механізації і автоматизації.
8	Довбання	Верстат-довбальний. Пристрій-спеціальний. Інструмент-довбальний різець.	Переваги: використання універсального обладнання і інструмента. Недоліки: порівняно низька продуктивність праці, відсутність механізації і автоматизації. Висока вартість пристрою.
9,10	Фрезерування	Верстат-горизонтально-фрезерний. Пристрій-спеціальний. Інструмент-фреза кінцева	Переваги: використання універсального обладнання. Недоліки: порівняно низька продуктивність праці, відсутність механізації і автоматизації. Висока вартість пристрою.
11, 12	Фрезерування	Верстат-горизонтально-розточний. Пристрій-спеціальний. Інструмент-фреза торцюва.	Переваги: використання універсального обладнання і інструмента. Недоліки: порівняно низька продуктивність праці, відсутність механізації і автоматизації. Висока вартість пристрою.
	Фрезерування	Верстат-горизонтально-фрезерний. Пристрій -спеціальний. Інструмент-фреза дискова.	Переваги: використання універсального обладнання і інструмента. Недоліки: порівняно низька продуктивність праці, відсутність автоматизації і механізації, висока вартість пристрою.

Арк.

БР.ПМ-043.00.000 ПЗ

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

Продовження таблиці 1.4

1	2	3	4
13	Різьбо-нарі-зання	Верстат-радіально-свердлильний. Пристрій-універсальний. Інструмент-мітчик.	Переваги: використання універсального обладнання, пристрою і інструмента. Недоліки: порівняно низька продуктивність праці, відсутність механізації і автоматизації.

1.3 Визначення річної програми та кількості деталей в партії. Вибір форми організації виробництва

Тип виробництва - середньосерійний.

Режим роботи підприємства - двозмінний.

Дані існуючого техпроцесу на базовому підприємстві приведені в таблиці 1.5.

Число металорізальних операцій $n=5$

Таблиця 1.5 — Дані існуючого техпроцесу на базовому підприємстві

Назва операції	$T_{шт,хв}$	Назва операції	$T_{шт,хв}$
005Заготівельна	-	025Довбальна	5,2
010Горизонтально-розточна	134,3	030Радіально-свердлильна	42,7
015Слюсарна	21,6	035Слюсарна	3,9
020Розмічальна	4,2	040Радіально-свердлильна	9,8

Сумарний шручний час визначаємо за формулою (1.1)

$$\sum T_{ум} = T_{ум010} + T_{ум015} + T_{ум025} + T_{ум030} + T_{ум040} = 134,3 + 21,6 + 5,2 + 42,7 + 9,8 = 213,6хв. \quad (1.1)$$

Середній штучний час: $T_{ум.сер.} = \frac{\sum T_{ум}}{n} = \frac{213,6}{5} = 42,72хв. \quad (1.2)$

Такт випуску деталей $t_g = K_z \cdot T_{ум.сер.} = 10 \cdot 42,72 = 427,2хв \quad (1.3)$

де K_z - коефіцієнт закріплення операцій.

Річна програма випуску деталей

$$N = \frac{F_d \cdot 60}{t} = \frac{4015 \cdot 60}{427,2} \approx 567ум, \quad (1.4)$$

де F_d - дійсний річний фонд робочого часу устаткування: $F_d = 4015год$.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР.ПМ-043.00.000 ПЗ				

Кількість деталей в партії

$$n = \frac{N \cdot a}{F} = \frac{567 \cdot 12}{254} \approx 27 \text{шт.} \quad (1.5)$$

де а-періодичність запуску виробів; а=12 днів,

F-число робочих днів у році; F=254 дні.

Розрахункове число змін на обробку партії деталей

$$C = \frac{T_{\text{ум.сер}} \cdot n_d}{480 \cdot 0,8} = \frac{42,47 \cdot 27}{480 \cdot 0,8} = 2,9 \text{зміни,} \quad (1.6)$$

де 480 - дійсний фонд часу робочого обладнання за зміну, хв;

0,8 - нормативний коефіцієнт завантаження верстату у серійному виробництві.

Прийнята кількість змін $C_{\text{пр}}=3$ зміни.

Прийнята кількість деталей в партії

$$N_d = \frac{C_{\text{пр}} \cdot 480 \cdot 0,8}{42,47} \approx 27 \text{шт.} \quad (1.7)$$

1.4. Аналіз базового технологічного процесу і розробка маршрутної технології

1.4.1 Техніко-економічне обґрунтування вибору заготовки

На вибір способу отримання заготовки впливають наступні фактори: вид матеріалу, його марка (чавун СЧ 20) і інші фізико-механічні властивості металу, з якого повинен бути виготовлений виріб (таблиця 1.1); програма пуску виробів (567 шт); тип виробництва (середньосерійний); розміри і конструктивні форми виробу; характер обладнання, що використовується.

Враховуючи тип виробництва і марку матеріалу можна вибрати два можливих способи отримання заготовки: литво в піщані форми і кокільне литво.

Литво в піщані форми є базовим методом отримання заготовки. У даному дипломному проекті пропонується отримувати заготовки литтям в кокіль, тому потрібно обґрунтувати своє рішення.

Перевагою лиття в піщані форми є те, що цей метод є найбільш поширеним методом лиття, вартість встановлення відливок мінімальна, можливість отримання відливки самої складної конфігурації і маси.

					БР.ПМ-043.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Недоліком є те, що отриманні заготовки характеризуються низькою точністю, високими параметрами шорсткості, великими припусками на механічну обробку, великі затрати металу.

У порівнянні з литвом у піщані форми метод кокільного литва володіє наступними основними перевагами [2,с.38]:

- металічна форма використовується багаторазово;
- більш висока продуктивність праці (в 3-4 рази);
- краща розмірність(розмірна точність) і частота поверхні відливок(розміри до 12 квалітету і Rz до 20мкм);
- менша трудомісткість виготовлення відливок і їх наступної механічної обробки (на 40-60%);
- більш висока густина і механічні властивості відливок за рахунок високої швидкості охолодження;
- усунення використання формувальних і стержневих сумішей і відповідно потреба в обладнанні для їх виготовлення;
- менша собівартість відливок (на 25-30%).

Враховуючи всі вище перераховане, вибираємо кокільне литво. Кокіль вибираємо сталевий.

Проведемо розрахунок вилівка за методикою, наведеною в [2].

1.Визначаємо групу складності згідно таблиці 4.3[2,с.56].Група складності III.

2.Визначаємо приведенний габаритний розмір[2,с.56]. $N=(2l+b+h)/3,м;$

де, l - довжина, м;

b - ширина, м;

h - висота, м.

$$N=(2 \cdot 410 + 462 + 289)/3=0.52 \text{ м.}$$

3. З таблиці 4.5 [2, с.47] призначаємо клас точності 7 та ряд припусків 2 (для точних поверхонь).

4. З графіка 4.4 [2, с. 57] визначаємо мінімальну товщину стінки яка може бути вилита - S=6мм.

					БР.ПМ-043.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S_{\text{відх}}=694 \text{ грн/т [1,с.32,табл.2.7];}$$

$$k_T=1.05;$$

$$k_C=1;$$

$$k_B=0.74;$$

$$k_n=0.52;$$

$$k_m=1.19;$$

$Q_1=149$ кг-маса заготовки отримана литвом в кокіль;

$Q_2=150.5$ кг-маса заготовки отримана литвом в піщано-глинясті форми.

$$S_1=\left(\frac{10800}{1000} \cdot 149 \cdot 1.05 \cdot 1 \cdot 0.74 \cdot 0.52 \cdot 1.19\right) - (149-146) \cdot \frac{694}{1000} = 771,48 \text{ грн.} \quad - \quad \text{вартість}$$

заготовки при литві в кокіль;

$$S_2=\left(\frac{10800}{1000} \cdot 150.5 \cdot 1.05 \cdot 1 \cdot 0.74 \cdot 0.52 \cdot 1.19\right) - (150.5-146) \cdot \frac{694}{1000} = 778,16 \text{ грн.} \quad - \quad \text{вартість}$$

заготовки при литві в піщаноглинясті форми.

Економічний ефект для порівнювальних методів отримуваних заготовок обчислюємо по формулі:

$$\varepsilon_\varepsilon = (S_{\text{заг2}} - S_{\text{заг1}}) \cdot N = (778,16 - 771,48) \cdot 569 = 3800,92 \text{ грн.}$$

Обрахунки підтверджують правильність вибору методу лиття.

1.4.2 Опис і аналіз базового технологічного процесу

Опис базового технологічного процесу приведений у вигляді таблиці 1.8.

Загальним зауваженням даного технологічного процесу є використання універсальних верстатів в умовах середньосерійного виробництва там, де можна використати верстати з ЧПК. А саме, верстати з ЧПК могли б підвищити продуктивність праці на горизонтально-розточній і радіально-свердлильній 030 операції. На операції 030 відпала би потреба у використанні спеціального пристрою - накладного кондуктора, а на операції 015 - потреба у нарізанні різьби (різьбу на всіх десяти отворах можна нарізати на одній операції на верстаті з ЧПК). Як видно з таблиці 1.5, операції 010 і 030 є також і найбільш трудомісткими (наприклад, на операції 010 виконується обробка переважної кількості поверхонь).

					БР.ПМ-043.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Аналізуючи даний технологічний процес можна сказати, що метод отримання заготовки для даного масштабу виробництва є досить раціональний, хоча можна заготовки отримувати і більш перспективнішим методом (лиття в кокіль). Креслення заготовки відповідає розрахунковим припущам на механічну обробку і технічним вимогам. Під час обробки деталі дотримується правило вибору чорнових і чистових баз на операції 010 і 030, також зберігається принцип постійності технологічних баз. Дана послідовність усіх операцій процесу забезпечує досягнення заданої точності деталі. Застосований накладний кондуктор на операції 030 відповідає типу виробництва.

Ступінь концентрації операцій досить висока, але можна їх ще більше сконцентрувати. Вибрані режими різання є продуктивними але їх не можна віднести до прогресивних.

Проаналізувавши базовий технологічний процес зробимо його критичну оцінку:

- використання універсальних верстатів у середньосерійному виробництві;
- використання слюсарних робіт (операція 015, 035);
- нарізання різьб поверхні 13 і обробка її на двох операціях (015, 030);
- нарізання різьби поверхні 13 вручну (операція 015);
- розмічальна операція 020;
- використання різних моделей верстатів (2E656P, 2M55) для обробки однотипних поверхонь 13;
- використання низькопродуктивних методів обробки (розточування).

					БР.ПМ-043.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.6 - Базовий технологічний процес механічної обробки деталі

“Важіль КТ 8041.31.101”

№ п/п	Назва та зміст операції	Тип і модель верстата	Характеристика пристрою	Схема базування
1	2	3	4	5
005	Заготівельна	-	-	-
010	Горизонтально-розточна 1.Фрезерувати пов.6 2.Фрезерувати пов.12 3.Фрезерувати пов.5 4.Фрезерувати пов.11 5.Фрезерувати пов.9 і 10 6.Розточити пов.1 і 2 7.Розточити фаску пов.1 8.Розточити пов.3 і 4 9.Розточити фаску пов.3 10.Розточити фаску пов.4 11.Розточити фаску пов.2 12.Центрувати під 4 отв.пов.13 13.Свердлити 4 отв. пов.13 14.Зенкувати 4 фаски пов.13	2Е656Р	Пристрій спеціальний з гвинтовим затискачем	Рисунок 1.1
015	Слюсарна 1. Зачистити заусениці 2. Нарізати різьбу пов.13	-	Лещата	-
020	Розмічальна 1.Розмітити центр пов.7	ПРЦ	-	
025	Довбальна	7Д450	Пристрій спеціальний	Рисунок 1.2
030	Радіально-свердлильна 1.Свердлити пов.13 2.Зенкувати пов.13 3.Нарізати різьбу пов.13	2М55	Кондуктор накладний	Рисунок 1.3
035	Слюсарна 1.Зачистити заусениці	-	-	-
040	Радіально-свердлильна 1.Центрувати 2.Свердлити пов.7 Ø8,6мм 3.Зенкувати пов.7 4.Нарізати різьбу пов.7	2М55	Лещата	Рисунок 1.4

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР.ПМ-043.00.000 ПЗ				

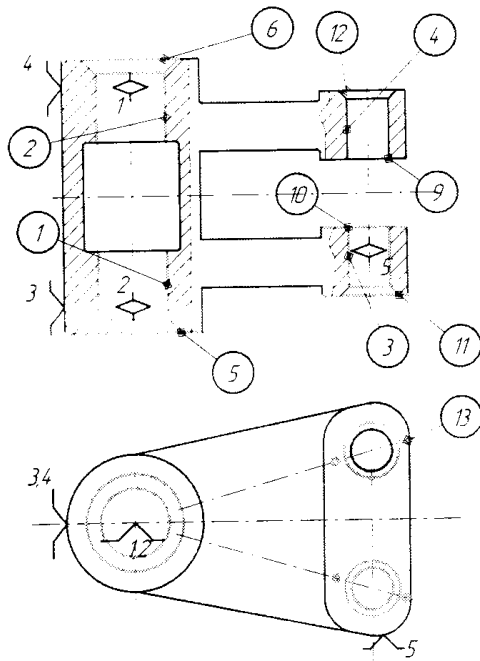


Рис. 1.1

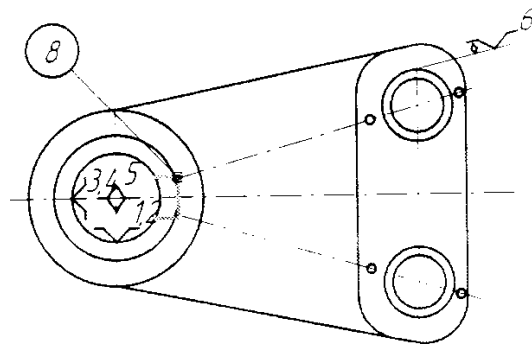


Рис. 1.2

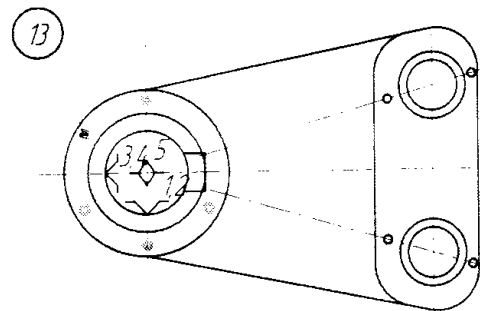


Рис. 1.3

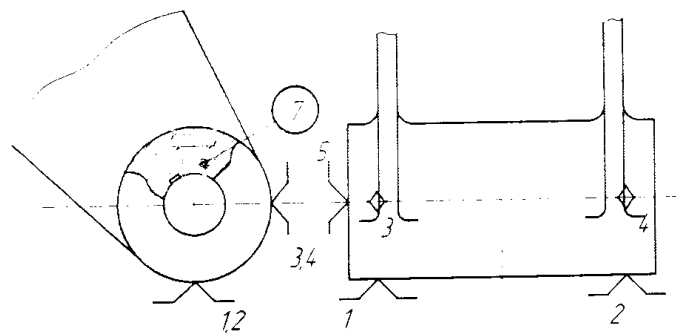


Рис. 1.4

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.ПМ-043.00.000 ПЗ

Арк.

1.4.3 Технічне обґрунтування вибору проектного варіанту маршруту механічної обробки

Враховуючи недоліки базового технологічного процесу складаємо новий технологічний процес обробки “Важеля КТ 8041.31.101”, який поданий у вигляді таблиці 1.9.

В проектному технологічному процесі горизонтально-розточну операцію змінюємо наступним чином: обробку поверхонь 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 10, 11, 12 проводимо на горизонтально-розточному верстаті з ЧПК моделі 2A620Ф2-1, виключаємо переходи по обробці 4 отворів поверхні 13 і виключаємо розточування фасок як окремі переходи. Схему базування залишаємо без змін, як прийняту і найбільш оптимальну для даних умов обробки.

Враховуючи розташування шпонкового пазу 8 в деталі, а саме неможливо його технологічно обробити іншими методами, довбальну операцію не змінюємо.

Радіально-свердлильну операцію 030 змінюємо на вертикально-свердлильну операцію з обробкою усіх 10 отворів пов.13 використовуючи переваги ЧПК.

В операції 040 змінюємо радіально-свердлильний верстат 2М55 на вертикально-свердлильний верстат моделі 2Н125 який є менш потужний, але виконує ті самі функції при обробці поверхні 7. Схему базування залишаємо без змін. Використовуючи інший верстат ми вибираємо інший різальний інструмент, а саме розточний різець міняємо на свердло.

Для обробки торців 9,10 кінцеву фрезу змінюємо на трьохсторонню дискову.

При обробці поверхні 7 використовуємо спеціальний пристрій, який забезпечує розміщення даної поверхні без розмічальної операції.

Слюсарні операції 015,035 об'єднуюємо в одну.

Зробимо технічне обґрунтування вибору проектного варіанта маршруту механічної обробки на підставі оцінки порівнювальних варіантів технології.

Вихідні дані і результати розрахунку зведені в таблицю 1.8

					БР.ПМ-043.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.7 - Проектний технологічний процес механічної обробки деталі
 “Важіль КТ 8041.31.101”

№ п/п	Назва та зміст операції	Тип і модель верстата, оснастка	Характеристика пристрою	Схема базування
1	2	3	4	5
005	Горизонтально-розточна 1.Фрезерувати пов.5,11 2.Фрезерувати пов.6,12 (фреза торцева) 3.Фрезерувати пов.9,10 (фреза кінцева) 4.Розточити пов.1,2 начорно 5.Розточити пов.1,2 начисто 6.Розточити пов.1,2 тонко1 7.Розточити пов.1,2 тонко2 (різець розточний державочний) 8.Розточити пов.3,4 начорно 9.Розточити пов.3,4 начисто 10.Розточити пов.3,4 тонко 11.Розточити остаточно	2А620Ф2-1 оправка, втулка	Спеціальний з механізованим приводом	Рисунок 1.5
010	Довбальна. Довбати паз 8. Різець довбальний.	7Д450	Спеціальний	Рисунок 1.6
015	Вертикально-свердлильна 1.Центрувати (свердло центрувальне) 2.Свердлити пов.13. Свердло 3.Розвернути пов.13 (розвертка) 4.Нарізати різьбу пов.13 (мітчик)	2Р135Ф2 Оправка, патрон, втулка, патрон для мітчиків	Спеціальний	Рисунок 1.7
020	Вертикально-свердлильна 1.Центрувати пов.7 (центровочне свердло) 2.Свердлити пов.7 (свердло) 3.Зенкувати пов.7 (зенковка) 4.Нарізати різьбу пов.7 (мітчик)	2Р135Ф2 Оправка, патрон, втулка, патрон для мітчиків	Спеціальний з гвинтовим затискачем	Рисунок 1.8

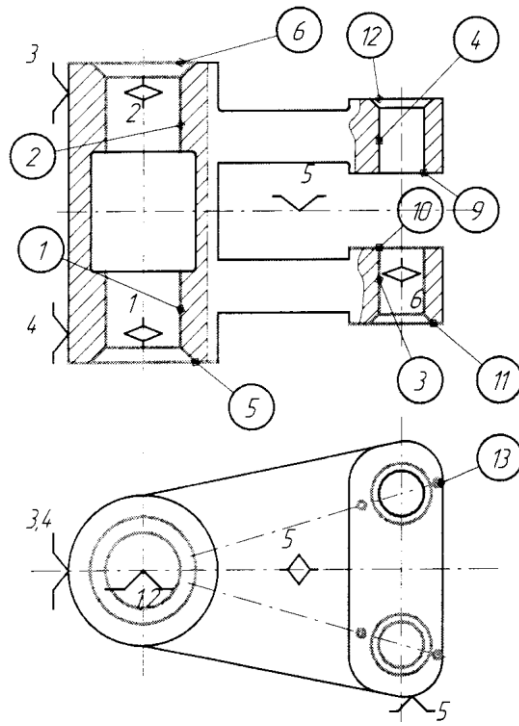


Рис. 1.5

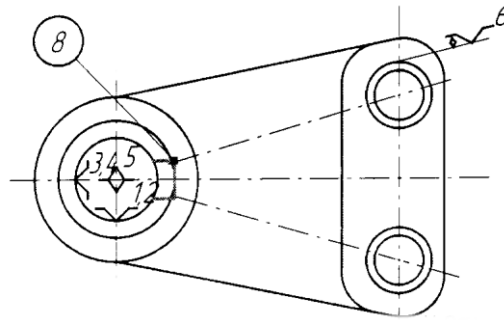


Рис. 1.6

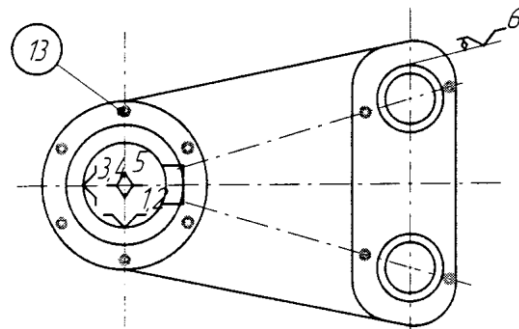


Рис. 1.7

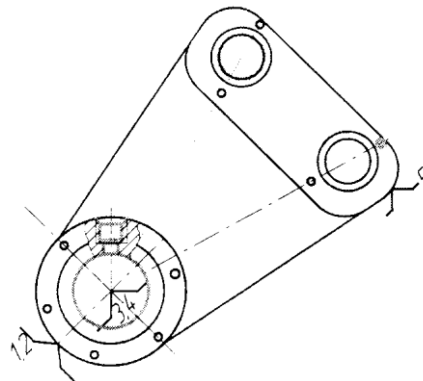


Рис. 1.8

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.ПМ-043.00.000 ПЗ

Арк.

Таблиця 1.8 - Вихідні дані і результати технічного обґрунтування маршруту обробки

Показники	Варіанти	
	1	2
	2А55 (базовий)	2Р135Ф2
1	2	3
Штучний час $T_{шт}$, год	0,17	0,14
Число запуску деталей в рік A	24	24
Число операцій в кожному запуску V_o	3	4
Коефіцієнт корисного використання верстату	0,7	0,85
Підготовчо-заключний час $T_{пз}$, год	0,2	0,3
Коефіцієнт, що враховує клас точності обладнання μ	1	1
Число верстатів обслуговуваних одним: верстатником d наладчиком d_1	1 0	2 2
Норматив технічних витрат на технічне обслуговування і ремонт СЧПК N_y	0	581
Фонд часу Φ_o , год	4015	3890

					БР.ПМ-043.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.5 Розробка операційної технології

1.5.1 Розрахунок припусків на механічну обробку і

визначення технологічних розмірів

1.5.1.1 Розрахунок припусків на обробку поверхні отвору Ø115H7

Розрахунок припусків на механічну обробку отвору Ø115 H7 розрахунково-аналітичним способом проводимо за [1] і результати заносимо в таблицю 1.11.

Сумарне значення R_z і T складає 600 мкм [1, с.63, табл. 4.3]. Після першого технологічного переходу T для деталей з чавуну виключається з розрахунків, тому для чорнового, напівчистового, чистового і тонкого розточування знаходимо [1, с. 64, табл. 4.5] тільки значення R_z (відповідно 160,80,40 і 20 мкм) і записуємо їх значення в розрахункову таблицю.

Сумарне значення просторових відхилень для заготовки даного типу визначається за формулою (1.11), [1, с.66,табл. 4.7]:

$$\rho = \rho_{\Sigma} = \sqrt{\frac{T^2}{3} + 0,25^2} = \sqrt{\frac{1150^2}{3} + 0,25^2} = 664 \text{ мкм}, \quad (1.11)$$

де T -допуск зовнішнього діаметру, поверхнею якого заготовка встановлюється в призму.

Таблиця 1.11-Розрахунок припусків і граничних розмірів по технологічним переходам на обробку отвору Ø115H7

Технологічні переходи обробки отвору Ø115H7	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск $2z_{\min}$, мкм	Розрахунковий розмір d_p , мм	Допуск T , мкм	Граничний розмір, мм		Граничні значення припусків, мкм	
	R_z	T	ρ	ε				d_{\min}	d_{\max}	$2z_{\min}^{гп}$	$2z_{\max}^{гп}$
Заготовка	600		664	-	-	111,989	350	111,639	111,9	-	-
Розточування:											
чорнове	160		33	89	2·1270	114,529	140	114,389	114,5	2540	2750
н/чистове	80		-	4	2·193	114,915	87	114,828	114,9	386	439
чистове	40		-	-	2·40	114,995	54	114,941	114,9	80	113
тонке	20		-	-	2·20	115,035	35	115,000	115,0	40	59
Всього											

Залишкове просторове відхилення після чорнового розточування:

$$\rho_1 = 0,05 \cdot \rho_3 = 0,05 \cdot 664 = 33 \text{ мкм}, \quad (1.12)$$

											Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР.ПМ-043.00.000 ПЗ						

Похибка установки при чорновому розточуванні:

$$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2}, \quad (1.13)$$

де ε_6 -похибка базування,

$$\varepsilon_6 = 0,5 \cdot T(1/\sin 120^\circ - 1) = 0,5 \cdot 1150(1/\sin 120^\circ - 1) = 89 \text{ мкм}. \quad (1.14)$$

ε_3 - похибка закріплення заготовки, $\varepsilon_3 = 0$.

Отже $\varepsilon_1 = \varepsilon_6 = 89$ мкм.

Похибка установки при чистовому розточуванні:

$$\varepsilon_2 = 0,05 \cdot \varepsilon_1 + \varepsilon_{\text{шд}} = 0,05 \cdot 89 + 0 = 4,4 \text{ мкм} [1, \text{с.85}] \quad (1.15)$$

Так як чорнове і чистове розточування проводиться за одною установкою, то $\varepsilon_{\text{шд}} = 0$.

На основі записаних в таблиці даних проводимо розрахунок мінімальних значень міжопераційних припусків, використовуючи основну формулу (1.16), [1, с.85]:

$$2z_{\min} = 2(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}). \quad (1.16)$$

Мінімальний припуск при розточуванні:

- чорновому $2z_{\min 1} = 2(600 + \sqrt{664^2 + 89^2}) = 2 \cdot 1270$ мкм;
- напівчистовому $2z_{\min 2} = 2(80 + \sqrt{33^2 + 4^2}) = 2 \cdot 193$ мкм;
- чистовому $2z_{\min 3} = 2 \cdot 40$ мкм;
- тонкому $2z_{\min 4} = 2 \cdot 20$ мкм;

Графу таблиці 1.9 "Розрахунковий розмір" заповнюємо з кінцевого (в даному випадку того, що вказаний на кресленні) розміру послідовним відніманням розрахункового мінімального припуску кожного технологічного переходу.

Значення допусків кожного переходу приймаємо по таблицях у відповідності з квалітетом того чи іншого виду обробки.

В графі "Граничний розмір" найбільше значення (d_{\max}) отримуємо по розрахунковим розмірам, заокругленим до точності допуску відповідного

					БР.ПМ-043.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

переходу. Найменші граничні розміри (d_{\min}) визначаємо з найбільших граничних розмірів відніманням допусків відповідних переходів.

На основі даних розрахунку будуємо схему графічного розміщення припусків і допусків при обробці отвору $\varnothing 115H7$ (рисунок 1.10).

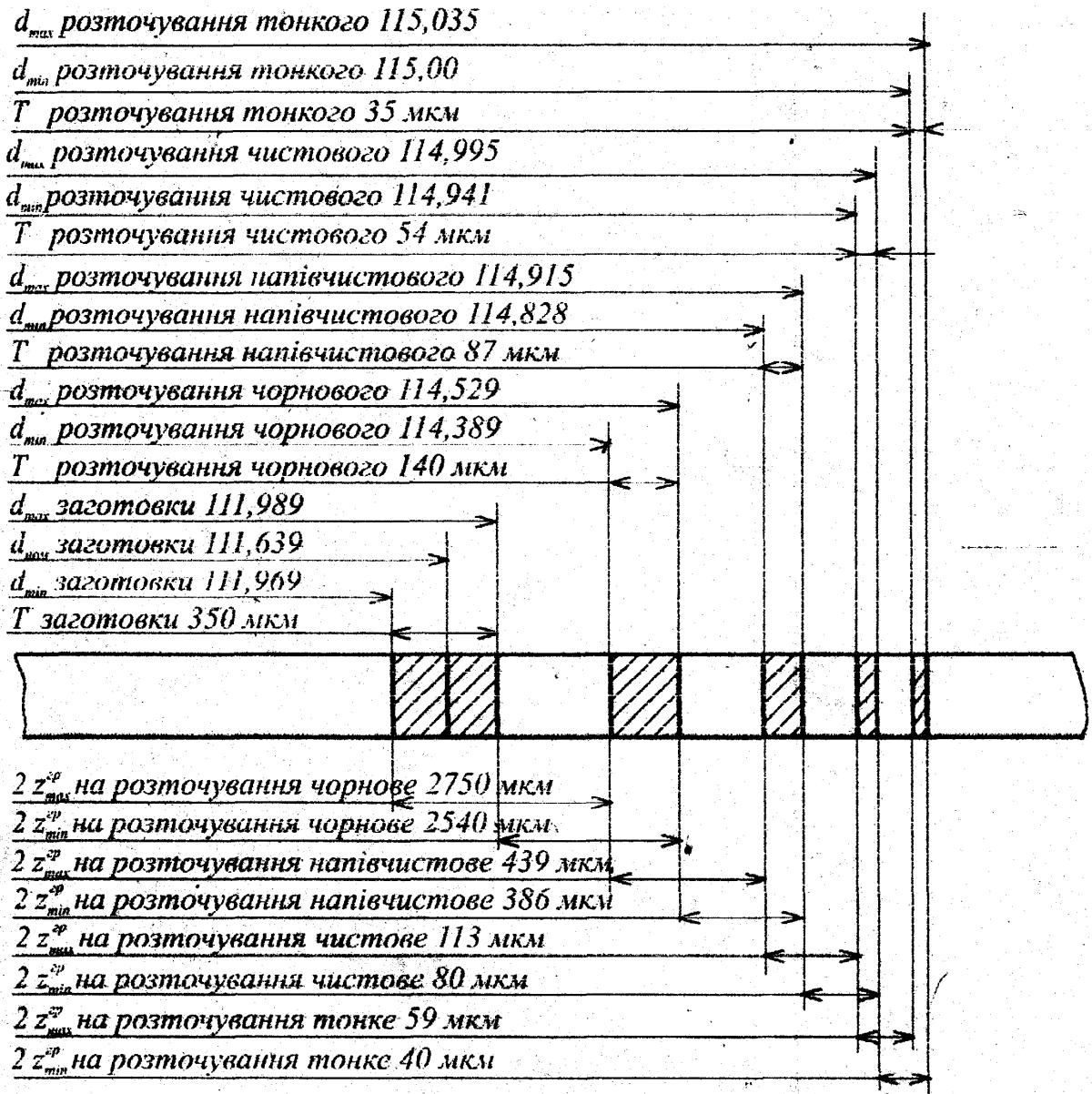


Рисунок 1.10 - Схема графічного розміщення припусків і допусків на обробку отвору $\varnothing 115H7$.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

1.5.1.2 Розрахунок припусків на обробку поверхні з розміром $\varnothing 70H7$

Розрахунок припусків на механічну обробку отвору $\varnothing 70 H7$ розрахунково-аналітичним способом проводимо за [1] і результати заносимо в таблицю 1.12.

Сумарне значення R_z і T складає 600 мкм [1, с.63, табл. 4.3]. Після першого технологічного переходу T для деталей з чавуну виключається з розрахунків, тому для чорнового, напівчистового, чистового і тонкого розточування знаходимо [1, с. 64, табл. 4.5] тільки значення R_z (відповідно 160,80,40 і 20 мкм) і записуємо їх знамення в розрахункову таблицю.

Сумарне значення просторових відхилень для заготовки даного типу ρ визначається за формулою (1.11), [1, с.66, табл. 4.7]:

$$\rho = \rho_{\text{ц}} = \sqrt{\frac{T^2}{3} + 0,25^2} = \sqrt{\frac{1150^2}{3} + 0,25^2} = 664 \text{ мкм,}$$

Таблиця 1.12 - Розрахунок припусків і граничних розмірів по технологічним переходам на обробку отвору $\varnothing 70H7$

Технологічні переходи обробки отвору $\varnothing 70H7$	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск $2z_{\text{min}}$	Розрахунковий розмір $d_p, \text{мм}$	Допуск $T, \text{мкм}$	Граничний розмір, мм		Граничні значення припусків, мкм	
	R_z	T	ρ	ε				d_{min}	d_{max}	$2z_{\text{min}}^{\text{ГП}}$	$2z_{\text{max}}^{\text{ГП}}$
Заготовка	600		664	-	-	66,984	300	66,684	66,984	-	-
Розточування чорнове	160		33	89	2·1270	69,524	120	69,404	69,524	2540	2720
н/чистове	80		-	4	2·193	69,910	74	69,836	69,910	386	432
чистове	40		-	-	2·40	69,99	46	69,944	69,990	80	108
тонке	20		-	-	2·20	70,030	30	70,000	70,030	40	56
Всього											

Залишкове просторове відхилення після чорнового розточування:

$$\rho_1 = 0,05 \cdot \rho_3 = 0,05 \cdot 664 = 33 \text{ мкм,}$$

Похибка установки при чорновому розточуванні:

$$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2},$$

де ε_6 -похибка базування,

$$\varepsilon_6 = 0,5 \cdot T(1/\sin 120^\circ - 1) = 0,5 \cdot 1150(1/\sin 120^\circ - 1) = 89 \text{ мкм.}$$

ε_3 -похибка закріплення заготовки, $\varepsilon_3 = 0$.

Отже $\varepsilon_1 = \varepsilon_6 = 89 \text{ мкм.}$

Похибка установки при чистовому розточуванні:

					БР.ПМ-043.00.000 ПЗ					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

$$\varepsilon_2=0,05 \cdot \varepsilon_1 + \varepsilon_{шд} = 0,05 \cdot 89 + 0 = 4,4 \text{ мкм [1, с.85]}$$

Так як чорнове і чистове розточування проводиться за одною установкою, то $\varepsilon_{шд}=0$.

На основі записаних в таблиці даних проводимо розрахунок мінімальних значень міжопераційних припусків, використовуючи основну формулу

$$2z_{\min} = 2(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}).$$

Мінімальний припуск при розточуванні:

- чорновому $2z_{\min 1} = 2(600 + \sqrt{664^2 + 89^2}) = 2 \cdot 1270 \text{ мкм};$

- напівчистовому $2z_{\min 2} = 2(80 + \sqrt{33^2 + 4^2}) = 2 \cdot 193 \text{ мкм};$

- чистовому $2z_{\min 3} = 2 \cdot 40 \text{ мкм};$

- тонкому $2z_{\min 4} = 2 \cdot 20 \text{ мкм};$

Графу таблиці 1.12 "Розрахунковий розмір" заповнюємо з кінцевого (в даному випадку того, що вказаний на кресленні) розміру послідовним відніманням розрахункового мінімального припуску кожного технологічного переходу.

Значення допусків кожного переходу приймаємо по таблицях у відповідності з квалітетом того чи іншого виду обробки.

В графі "Граничний розмір" найбільше значення (d_{\max}) отримуємо по розрахунковим розмірам, заокругленим до точності допуску відповідного переходу. Найменші граничні розміри (d_{\min}) визначаємо з найбільших граничних розмірів відніманням допусків відповідних переходів.

На основі даних розрахунку будуємо схему графічного розміщення припусків і допусків при обробці отвору $\varnothing 70H7$ (рисунок 1.11).

					БР.ПМ-043.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

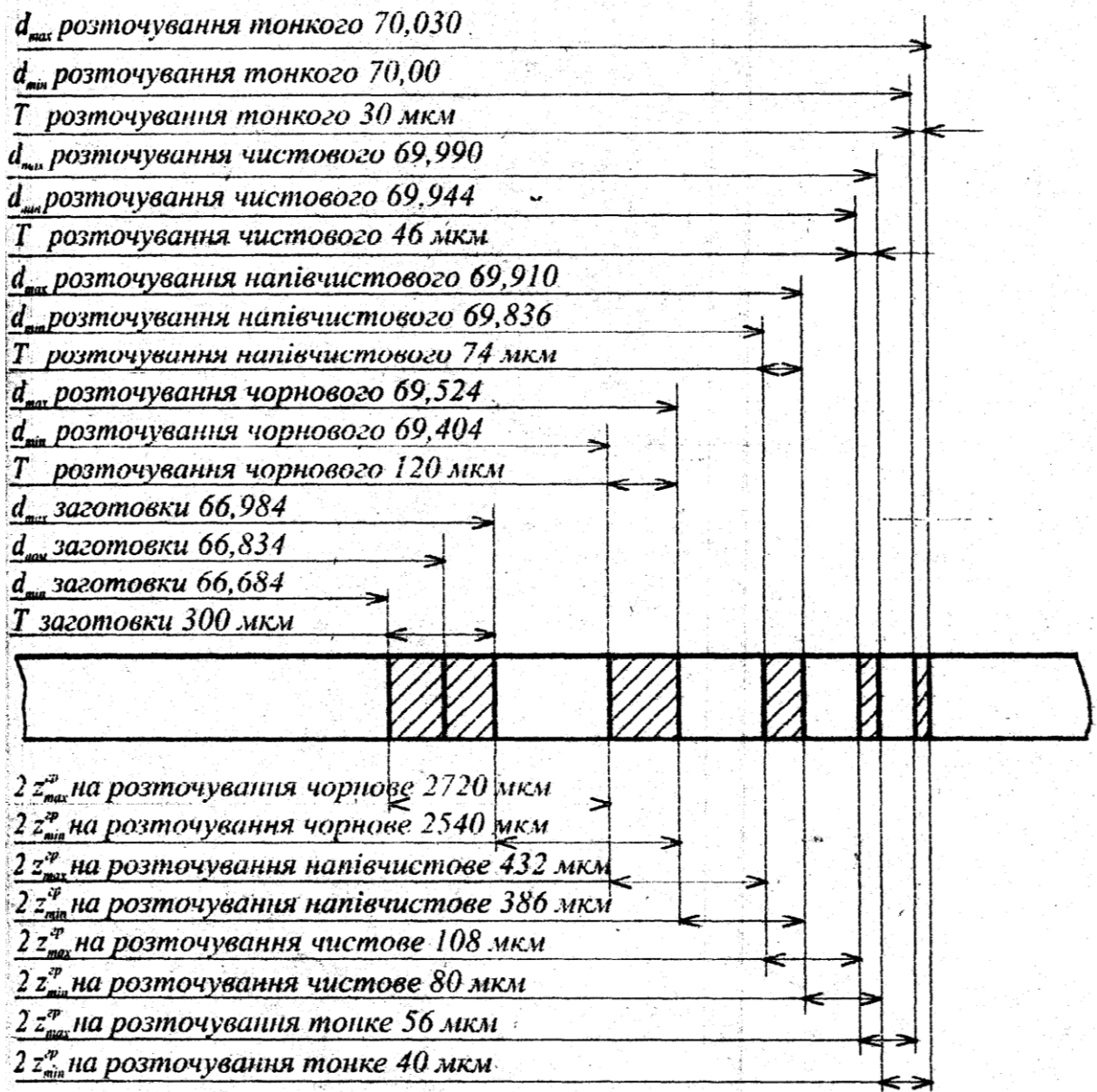


Рисунок 1.11 - Схема графічного розміщення припусків і допусків на обробку отвору $\varnothing 70H7$.

Припуски на інші поверхні приведені в таблиці 1.13. Ескіз заготовки важеля приведений на рисунку 1.12.

Таблиця 1.13 — Припуски і граничні розміри по технологічним переходам

№ опер.	Перехід	IT	До пуск T, мм	Припуски, мм		Розміри, мм		Операційний розмір
				min	max	min	max	
005	Заготовка 1.Фрезерувати пов.11,12	14	3,2 1,3	- 1,4	- 4,05	282,8 278,7	286,8 280	284,8±2 280 _{-1,3}
	Заготовка 1.Фрезерувати пов.11,12	14	2,2 0,87	- 1,3	- 3,135	78,6 84	81,4 84,87	80±1,4 84 ^{+0,87}

Нормативна швидкість різання $V_n = V^* \cdot Pk_i = 45 \cdot 0,9 \cdot 2,15 \cdot 1,0 = 87$ м/хв. (1.17)

Частота обертання шпинделя верстата: $n_H = \frac{1000 \cdot V_n}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 87}{3,14 \cdot 8,6} = 3220$ хв⁻¹ (1.18)

з паспортних даних верстату приймаємо $n = 1440$ хв⁻¹.

Фактична швидкість різання: $V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 8,6 \cdot 1440}{1000} = 39$ м/хв (1.19)

Потужність різання таблична $N_{\text{табл}} = 2600$ Вт.

Поправочний коефіцієнт на потужність різання $k_{21} = 1,0$

Потужність різання: $N = N_{\text{табл}} \frac{V}{1000} k_i = 2600 \frac{39}{1000} 1,0 = 1,01$ кВт. $\ll N_e \approx 3,4$ кВт. (1.20)

Отже, вибраний верстат задовольняє вимоги за потужністю.

Остаточні режими різання: $t = 4,3$ мм; $S_o = 0,28$ мм; $T = 20$ хв;

$n = 1440$ хв⁻¹; $V = 39$ м/хв; $N = 1$ кВт.

Визначення основного (технологічного) часу.

Довжина робочого ходу інструмента: $L = l + l_1 + l_2 = 23 + 6 = 29$ мм, [6, с. 620, табл.3], (1.21)

де l_1, l_2 - величини врізання та перебігу інструмента;

l - довжина обробки.

Основний час $T_0 = \frac{L}{n_{np} \cdot S_{opr}} = \frac{29}{1440 \cdot 0,28} = 0,072$ хв. (1.22)

1.5.2.2 Обробка шпонкового пазу

Початкові дані:

Деталь: Важіль КТ 8041.31.101.

Розміри поверхні: товщина 11,6 мм, довжина 105 мм.

Оброблюваний матеріал - чавун СЧ20.

Верстат 7Д450.

Інструмент: Довбальний різець, $\varphi = 45^\circ$, $\varphi_1 = 2^\circ$, $\alpha = 8^\circ$ [13, с. 221].

Матеріал різальної частини: Р18.

Режими різання:

Глибина різання $t = 3,55$ мм.

Швидкість різання, м/хв [13, с 221]: $V = \frac{C_v \cdot K_i}{T^m \cdot t^{xv} \cdot S^{yv} \cdot (HB/220)^n}$,

де T - період стійкості різця, $T = 120$ хв, [13, с. 222];

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

БР.ПМ-043.00.000 ПЗ

S - подача, S=2 мм [с. 224, 13];

C_v - коефіцієнт пропорційності, C_v=112, [13, с. 222, табл. XIII.3];

m, X_v, y_v- показники степеня, x_v= 0.22; y_v =0,5, m=0,2, [13, с. 222, табл. XIII. 3];

n- показник степеня, що залежить від оброблюваного матеріалу, [13, с. 222];

K_i - поправочний коефіцієнт,

$$K_i = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7 \cdot K_8 \cdot K_9 \cdot K_{10}, \quad (1.24)$$

коефіцієнти K₁, K₂, K₃, K₄, K₅, K₆, K₇, K₈, K₉, K₁₀ враховують вплив відповідно поперечних розмірів різця, головного кута в плані φ, φ₁-допоміжного кута в плані, радіуса r при вершині різця, матеріалу різальної частини, виду оброблюваного матеріалу, виду заготовки і стану її поверхневого шару, форми передньої поверхні, довжини ходу і перебігу, а також ударного навантаження [13, с. 223]:

$$K_1 = (q/20 \cdot 30)^{\xi} = (20 \cdot 30/20 \cdot 30)^{\xi} = 1, \quad (1.25)$$

де q-площа поперечного перерізу різця, мм;

$$K_2 = (45/\varphi)^x = (45/45)^x = 1; \quad (1.26)$$

$$K_3 = (a/\varphi_1)^{0,09} = (15/2)^{0,09} = 1,2; \quad (1.27)$$

$$K_4 = (r/2)^{\mu} = (2/2)^{\mu} = 1; \quad (1.28)$$

K₅=1, [13, с. 223, табл. XIII. 5]

K₆=1, K₇=0.8, K₈=1, K₉=1, K₁₀=0.8, [13, с.223].

$$V = \frac{C_v \cdot K_i}{T^m \cdot t^{xv} \cdot S^{yv} \cdot (HB/220)^n} = \frac{0,768 \cdot 112}{120^{0,2} \cdot 2^{0,5} \cdot 3,55^{0,22} \cdot (190/220)^{1,5}} = 21,8 \text{ мм/хв.}$$

Сила різання, що виникає в процесі обробки, розраховується по формулі (1.29), [13, с. 225]: $P_z = 10 \cdot C_{pz} \cdot t_{pz}^x \cdot S_{pz}^y \cdot HB_{pz}^n \cdot K_{iz}, \quad (1.29)$

де C_{pz}=8,82; x_{pz}=1; y_{pz}=1; n_{pz}=0,55, [13,с.225];

$$K_{iz} = K_m \cdot K_{\varphi} \cdot K_r \cdot K_{\gamma} \cdot K_h = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,83 = 0,83.$$

$$P_z = 10 \cdot 8,82 \cdot 3,55^1 \cdot 2^1 \cdot 190^{0,55} \cdot 0,83 = 9576 \text{ Н.}$$

Потужність при довбанні [13, с. 226]:

$$N_{piz} = \frac{P_z \cdot V_{px}}{61200} = \frac{9576 \cdot 21,8}{61200} = 3,4 \text{ кВт} \quad (1.30)$$

що є менше від потужності верстату (10 кВт).

					БР.ПМ-043.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.5.2.4 Оптимізація режимів різання

Вихідні дані. На вертикально-свердлильному верстаті з ЧПК 2P135Ф2 в партії деталей обробляють 10 отворів М10 з фаскою $1,6 \times 45^\circ$. Вихідні дані та результати оптимізації режимів різання подано в таблиці 1.16.

З наведених в таблиці 1.16 даних видно, що для переходу 4 швидкість різання встановлена з умови забезпечення якості обробки. Отже оптимізацію режимів різання виконуємо для переходів 1, 2 і 3 (кількість інструментів $K=5$, коефіцієнт багатоінструментальності $K_{MH}=0,55$ [17, с.18]).

Період стійкості багатоінструментальної наладки становить [17, с. 18]:

$$T_H = K_{MH} \cdot \sum_{l=1}^K T_{ni} = 0,7 \cdot (45 + 2 \cdot 25 + 2 \cdot 25) = 101,5 \text{ хв.} \quad (1.31)$$

Уточнення режимів проводимо за формулами [17, с.18]

$$\lambda' = \frac{T'_{oi}}{\sum_{l=1}^k T'_{oi}} \quad (1.32)$$

$$T_{ei} = \lambda' \cdot T_H \quad (1.33)$$

$$T_{oi} = T_{oi} \cdot \left(\frac{T_{oi}}{T_{Hi}} \right)^{m_i} \quad (1.34)$$

де λ' - коефіцієнт часу роботи інструмента;

T_{Hi} , T_{ei} , T_{oi} - нормативна та економічна стійкість і основний час роботи інструмента, хв;

m_i - показник степеня при T в стійкісно-швидкісній залежності $V-T$.

Уточнення ведемо на мікрокалькуляторі БЗ-21 (програма і блок-схема алгоритму приведена в [17, с.21]). Результати проміжних розрахунків і кінцеві результати (оптимізовані режими різання) подані в таблиці 1.14 та 1.15.

					БР.ПМ-043.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Змін.	
Арк.	
№ докум.	
Підпис	
Дата	
БР.ПМ-043.00.000 ПЗ	
Арк.	

Таблиця 1.14 – Вихідні дані і результати оптимізації режимів різання для верстата моделі 2P135Ф2

№ пер.	Зміст переходу	Інструмент	Вихідні дані						Проміжні результати		Кінцеві результати				
			V', м/хв	n, хв ⁻¹	T _{ні} , хв	T' _{oi} , хв	m _i	Q' _i , шт	T' _{oi1} , хв	T' _{oi2} , хв	T _{oi} , хв	T _{ei} , хв	Q _i , шт	V, м/хв	n, хв ⁻¹
1	Центрувати 10 отв. з формуванням фаски 1,6x45°	Свердло спіральне коротке Ø20 (P18)	20	1440	45	0,2	0,125	225	0,15	0,145	0,14	3,26	23,3	27	1944
2	Свердлити 10 отв. 08H12	Свердло спіральне Ø8 (P18)	36,2	1440	25	0,21	0,125	1 19	0,17	0,166	0,16	3,72	23,3	46	1830
3	Розвернути 10 отв.	Розвертка Ø8,5 (P18)	4,8	180	25	1,9	0,3	83	2,25	2,308	2,32	54,06	23,3	3,8	143
4	Нарізати різьбу М10 в 10 отв.	Мітчик машинний М10 (P18)	5,7	180	90	0,3	0,33	272	-						

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
БР.ПМ-043.00.000 ПЗ				
				Арк.

Таблиця 1.15 - Режими різання

№ операції	Зміст переходу	Верстат	Інструмент	Матеріал різальної частини	Режими						
					t, мм	S ₀ , мм/об	T, хв	n, хв ⁻¹	V, мм/хв	N, кВт	T ₀ , хв
005	Фрезерувати пов. 5, 6	2A620 Ф2-1	Фреза торцева	ВК8	3,125	0,15	120	315	47.25	7,8	4,23
005	Фрезерувати пов. 11, 12	2A620 Ф2-1	Фреза торцева	ВК8	4,05	0,15	120	315	47.25	7,7	6,1
005	Фрезерувати пов. 9. 10	2A620 Ф2-1	Фреза кінцева	P18	3,135	0,175	120	315	51	6,2	5,25
005	Розточити пов. 1, 2 начорно	2A620Ф2-1	Різець розточний	ВК8	1,375	1	60	200	72.2	1,6	1,14
005	Розточити пов 1. 2 н/начисто	2A620 Ф2-1	Різець розточний	ВК8	0,22	0,5	60	320	116	0,6	1,44
005	Розточити пов. 1,2 чисто	2A620 Ф2-1	Різець розточний	ВК6	0,06	0,3	60	400	144	0,1	2,63
005	Розточити пов. 1. 2 тонко	2A620 Ф2-1	Різець розточний	ВК6	0,03	0,3	60	400	144	0,1	2,63
005	Розточити пов. 3.4 начорно	2A620 Ф2-1	Різеїд. розточний	ВК8	1,4	0,2	60	315	67,6	0,27	1,6
005	Розточити пов, 3, 4 н/начисто	2A620Ф2-1	Різець розточний	ВК8	0,2	0,2	60	400	107.5	0.13	1,26
005	Розточити пов. 3, 4 начисто	2A620Ф2-1	Різецьрозточний	ВК6	0,5	0,15	60	630	220.6	0,1	0,67
005	Розточити пов. 3, 4 тонко	2A620 Ф2-1	Різець розточний	ВК6	0,1	0,15	60	630	220.6	0,08	0,67
010	Довбати паз 8 начорно	7Д450	Різець довбальний	P18	3.55	-	120	-	21,8	3,4	0,41
010	Довбати паз 8 начисто	7Д450	Різець довбальний	P18	0.1	-	120	-	32,7	0,8	0,2
015	Центрувати отв. пов. 13	2P135Ф2	Свердло центрувальне	P18	-	0,05	45	1440	20	0,8	0,2
015	Свердлити отв. пов. 13	2P135Ф2	Свердло	P18	4	0,28	25	1440	36,2	0,77	0,21
015	Розвернути отв. пов. 13	2P135Ф2	Розвертка	P18	0,25	0,2	25	180	4,8	-	1,9
015	Нарізати різьбу отв. пов. 13.	2P135Ф2	Мітчик	P18	-	1,5	90	180	5,7	-	0,3
020	Центрувати отв пов. 7	2P135Ф2	Свердло центрувальне	P18	-	0,28	45	1440	20	0,8	0,15
020	Свердлити пов. 7	2P135Ф2	Свердло	P18	4,25	0,28	25	1440	39	0,77	0,12
020	Зенкувати пов. 7	2P135Ф2	Зенкер конічний	P18	2.53	0,4	25	1440	45	0,605	0,04
020	Нарізати різьбу отв. пов. 7.	2P135Ф2	Мітчик	P18	-	1,81	90	180	5,7	-	0,4

1.5.3 Розрахунки, пов'язані з підготовкою карти налагодження

Розрахунки, пов'язані з підготовкою карти ескізів і керуючої програми проводимо на ЕОМ за допомогою системи КОМПАС ЧПУ (Версія 2.0).

Вихідні дані. На вертикально-свердлильному верстаті з ЧПК 2P135Ф2 в партії деталей обробляють 10 отворів М10 з фаскою 1,6×45°. Алгоритм вводу вихідних даних в ЕОМ приведений в таблиці 1.16.

Таблиця 1.16 - Вихідні дані на розробку карти ескізів і керуючої програми

Дані для вводу в ЕОМ	Параметр
Блок "Програма"	
Матеріал деталі	Сірий чавун
Площина безпеки, мм	490
Тип заміни інструменту	Z.X+Y
Мультиобробка	
Блок "Різьба глуха"	
Різьба М	10
Крок різьби Н, мм	1,5
Глибина, мм	25
Фаска, мм	1,6
Клас точності різьби	точний Н6
Блок "інструмент"	
Центровка частота	1440
обертання, хв ⁻¹	0,05
подача, мм/об	
Свердло частота обертання, хв ⁻¹	1440
подача, мм/об	0,28
Розвертка частота обертання, хв ⁻¹	180
подача, мм/об	0,2
Мітчик частота обертання, хв ⁻¹	180

Таблиця 1.17 – Опорні точки

Деталь	Операція				Верстат	Система ЧПК			
Важіль КТ8041.31.101	015 Вертикально-свердлильна				2P135Ф2	"Размер-2М-1300"			
Геометрична інформація					Технологічна інформація				
Ділянка траекторії	Опорні точки	X, мм	Y, мм	Z, мм	t, мм	S, мм/об	S, мм/хв	V, мм/хв	п, хв ⁻¹
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
-	0	-	-	-	-	-	-	90.5	1440
0-1	1	-80	138.564	490	-	00.5	72	90.5	1440

Арк.

БР.ПМ-043.00.000 ПЗ

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

Продовження таблиці 1.17

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1-2	2	-80	138.564	443	-	0.05	72	90.5	1440
2-3	3	-80	138.564	435	-	0.05	72	90.5	1440
3-1	1	-80	138.564	490	-	0.05	72	90.5	1440
1-4	4	-160	0	490	5	0.05	72	90.5	1440
4-5	5	-160	0	443	-	0.05	72	90.5	1440
5-6	6	-160	0	435	-	0.05	72	90.5	1440
6-4	4	-160	0	490	-	0.05	72	90.5	1440
4-7	7	-80	-	490	-	0.05	72	90.5	1440
7-8	8	-80	-	443	5	0.05	72	90.5	1440
8-9	9	-80	-	435	-	0.05	72	90.5	1440
9-7	7	-80	-	490	-	0.05	72	90.5	1440
7-10	10	80	-	490	-	0.05	72	90.5	1440
10-11	11	80	-	443	-	0.05	72	90.5	1440
11-12	12	80	-	435	5	0.05	72	90.5	1440
12-10	10	80	-	490	-	0.05	72	90.5	1440
10-13	13	160	0	490	-	0.05	72	90.5	1440
13-14	14	160	0	443	-	0.05	72	90.5	1440
14-15	15	160	0	435	-	0.05	72	90.5	1440
15-13	13	160	0	490	5	0.05	72	90.5	1440
13-16	16	80	138.564	490	-	0.05	72	90.5	1440
16-17	17	80	138.564	443	-	0.05	72	90.5	1440
17-18	18	80	138.564	435	-	0.05	72	90.5	1440
18-16	16	80	138.564	490	-	0.05	72	90.5	1440
16-19	19	66.516	248.243	490	5	0.05	72	90.5	1440
19-20	20	66.516	248.243	388	-	0.05	72	90.5	1440
20-21	21	66.516	248.243	380	-	0.05	72	90.5	1440
21-19	19	66.516	248.243	490	-	0.05	72	90.5	1440
19-22	22	-66.516	248.243	490	-	0.05	72	90.5	1440
22-23	23	-66.516	248.243	388	5	0.05	72	90.5	1440
23-24	24	-66.516	248.243	380	-	0.05	72	90.5	1440
24-22	22	-66.516	248.243	490	-	0.05	72	90.5	1440
22-25	25	92.398	344.836	490	-	0.05	72	90.5	1440
25-26	26	92.398	344.836	388	-	0.05	72	90.5	1440
26-27	27	92.398	344.836	380	5	0.05	-72	90.5	1440
27-25	25	92.398	344.836	490	-	0.05	72	90.5	1440
25-28	28	-92.398	344.836	490	-	0.05	72	90.5	1440
28-29	29	-92.398	344.836	388	-	0.05	72	90.5	1440
29-30	30	-92.398	344.836	380	-	0.05	72	90.5	1440
30-28	31	-92.398	344.836	490	5	0.05	72	90.5	1440
28-0	0	-	-	-	-	-	72	90.5	1440
-	0	-	-	-	-	-	72	90.5	1440
0-1	1	-80	138.564	490	-	0.28	—	90.5	1440
1-2	2	-80	138.564	443	-	0.28	—	36.2	1440
2-31	31	-80	138.564	404.192	4	0.28	403	36.2	1440
31-1	1	-80	138.564	490	-	0.56	403	36.2	1440
1-4	4	-160	0	490	-	0.28	403	36.2	1440
4-5	5	-160	0	443	-	0.28	806	36.2	1440
5-32	32	-80	0	404.192	-	0.28	403	36.2	1440

					БР.ПМ-043.00.000 ПЗ				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Продовження таблиці 1.17

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
32-4	4	-80	0	490	4	0.56	403	36.2	1440
4-7	7	-80	-	490	-	0.28	403	36.2	1440
7-8	8	-80	-	443	-	0,28	8	9	10
8-33	33	-80	-	404.192	-	0.28	403	36.2	1440
33-7	7	80	-	490	-	0.56	403	36.2	1440
7-10	10	80	-	490	4	0.28	403	36.2	1440
10-11	11	80	-	443	-	0.28	806	36.2	1440
11-34	34	80	-	404.192	-	0.28	403	36.2	1440
34-10	10	80	-	490	-	0.56	403	36.2	1440
10-13	13	160	0	490	-	0.28	403	36.2	1440
13-14	14	160	0	443	4	0.28	806	36.2	1440
14-35	35	160	0	404.192	-	0.28	403	36.2	1440
35-13	13	160	0	490	-	0.56	403	36.2	1440
13-16	16	80	138.564	490	-	0.28	403	36.2	1440
16-17	17	80	138.564	443	-	0.28	806	36.2	1440
17-36	36	80	138.564	404.192	4	0.28	403	36.2	1440
36-16	16	80	138.564	490	-	0.56	403	36.2	1440
16-19	19	66.516	248.243	490	-	0.28	403	36.2	1440
19-20	20	66.516	248.243	443	-	0.28	806	36.2	1440
20-37	37	66.516	248.243	404.192	-	0.28	403	36.2	1440
37-19	19	66.516	248.243	490	4	0.56	403	36.2	1440
19-22	22	-66.516	248.243	490	-	0.28	403	36.2	1440
22-23	23	-66.516	248.243	443	-	0.28	806	36.2	1440
23-38	38	-66.516	248.243	404.192	-	0.28	403	36.2	1440
38-22	22	-66.516	248.243	490	-	0.56	403	36.2	1440
22-25	25	92.398	344.836	490	4	0.28	403	36.2	1440
25-26	26	92.398	344.836	443	-	0.28	806	36.2	1440
26-39	39	92.398	344.836	404.192	-	0.28	403	36.2	1440
39-25	25	92.398	344.836	490	-	0.56	403	36.2	1440
25-28	28	-92.398	344.836	490	-	0.28	403	36.2	1440
28-29	29	-92.398	344.836	443	4	0.28	403	36.2	1440
29-40	40	-92.398	344.836	404.192	-	0.28	403	36.2	1440
40-28	28	-92.398	344.836	490	-	0.56	806	36.2	1440
28-0	0	-	-	-	-	-	-	36.2	1440
-	0	-	-	-	-	-	-	4.8	180
0-1	1	-80	138.564	490	-	0.2	36	4.8	180
1-2	2	-80	138.564	443	-	0.2	36	4.8	180
2-41	41	-80	138.564	414	0.25	0.2	36	4.8	180
41-1	1	-80	138.564	490	-	0.2	36	4.8	180
1-4	4	-160	0	490	-	0.2	36	4.8	180
4-5	5	-160	0	443	-	0.2	36	4.8	180
5-42	42	-160	0	414	-	0.2	36	4.8	180
42-4	4	-160	0	490	0.25	0.2	36	4.8	180
4-7	7	-80	-	490	-	0.2	36	4.8	180
7-8	8	-80	-	443	-	0.2	36	4.8	180
8-43	43	-80	-	414	-	0.2	36	4.8	180
43-7	7	-80	-	490	-	0.2	36	4.8	180
7-10	10	80	-	490	0,25	0,2	36	4,8	180

Продовження таблиці 1.17

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10-11	11	80	-	443	-	0,2	36	4,8	180
11-44	44	80	-	414	-	0,2	36	4,8	180
44-10	10	80	-	490	-	0,2	36	4,8	180
10-13	13	160	0	490	-	0,2	36	4,8	180
13-14	14	160	0	443	0,25	0,2	36	4,8	180
14-45	45	160	0	414	-	0,2	36	4,8	180
45-13	13	160	0	490	-	0,2	36	4,8	180
13-16	16	80	138.564	490	-	0,2	36	4,8	180
16-17	17	80	138.564	443	-	0,2	36	4,8	180
17-46	46	80	138.564	414	0,25	0,2	36	4,8	180
46-16	16	80	138.564	490	-	0,2	36	4,8	180
16-19	19	66.516	248.243	490	-	0,2	36	4,8	180
19-20	20	66.516	248.243	443	-	0,2	36	4,8	180
20-47	47	66.516	248.243	414	-	0,2	36	4,8	180
47-19	19	66.516	248.243	490	0,25	0,2	36	4,8	180
19-22	22	-66.516	248.243	490	-	0,2	36	4,8	180
22-23	23	-66.516	248.243	443	-	0,2	36	4,8	180
23-48	48	-66.516	248.243	414	-	0,2	36	4,8	180
48-22	22	-66.516	248.243	490	-	0,2	36	4,8	180
22-25	25	92.398	344.836	490	0,25	0,2	36	4,8	180
25-26	26	92.398	344.836	443	-	0,2	36	4,8	180
26-49	49	92.398	344.836	414	-	0,2	36	4,8	180
49-25	25	92.398	344.836	490	-	0,2	36	4,8	180
25-28	28	-92.398	344.836	490	-	0,2	36	4,8	180
28-29	29	-92.398	344.836	443	0,25	0,2	36	4,8	180
29-50	50	-92,398	344,836	490	-	0,2	36	4,8	180
50-28	28	-92.398	344.836	490	-	0,2	36	4,8	180
28-0	0	-	-	-	-	-	-	4,8	180
	0	-	-	-	-	-	-	5,7	180
0-1	1	-80	138.564	490	-	1,5	270	5,7	180
1-2	2	-80	138.564	443	-	1,5	270	5,7	180
2-51	51	-80	138.564	407,5	0,75	1,5	270	5,7	180
51-1	1	-80	138.564	490	-	1,5	270	5,7	180
1-4	4	-160	0	490	-	1,5	270	5,7	180
4-5	5	-160	0	443	-	1,5	270	5,7	180
5-52	52	-160	0	407,5	-	1,5	270	5,7	180
52-4	4	-160	0	490	0,75	1,5	270	5,7	180
4-7	7	-80	-	490	-	1,5	270	5,7	180
7-8	8	-80	-	443	-	1,5	270	5,7	180
8-53	53	-80	-	407,5	-	1,5	270	5,7	180
53-7	7	-80	-	490	-	1,5	270	5,7	180
7-10	10	80	-	490	0,75	1,5	270	5,7	180
10-11	11	80	-	443	-	1,5	270	5,7	180
11-54	54	80	-	407,5	-	1,5	270	5,7	180
54-10	10	80	-	490	-	1,5	270	5,7	180
10-13	13	160	0	490	-	1,5	270	5,7	180
13-14	14	160	0	443	0,75	1,5	270	5,7	180
14-55	55	160	0	407,5	-	1,5	270	5,7	180
55-13	13	160	0	490	-	1,5	270	5,7	180

Продовження таблиці 1.17

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
13-16	16	80	138.564	490	-	1.5	270	5.7	180
16-17	17	80	138.564	443	-	1.5	270	5.7	180
17-56	56	80	138.564	407.5	0.75	1.5	270	5.7	180
56-16	16	80	138.564	490	-	1.5	270	5.7	180
16-19	19	66.516	248.243	490	-	1.5	270	5.7	180
19-20	20	66.516	248.243	443	-	1.5	270	5.7	180
20-57	57	66.516	248.243	407.5	-	1.5	270	5.7	180
57-19	19	66.516	248.243	490	0.75	1.5	270	5.7	180
19-22	22	-66.516	248.243	490	-	1.5	270	5.7	180
22-23	23	-66.516	248.243	443	-	1.5	270	5.7	180
23-58	58	-66.516	248.243	407.5	-	1.5	270	5.7	180
58-22	22	-66.516	248.243	490	-	1.5	270	5.7	180
22-25	25	92.398	344.836	490	0.75	1.5	270	5.7	180
25-26	26	92.398	344.836	443	-	1.5	270	5.7	180
26-59	59	92.398	344.836	407.5	-	1.5	270	5.7	180
59-25	25	92.398	344.836	490	-	1.5	270	5.7	180
25-28	28	-92.398	344.836	490	-	1.5	270	5.7	180
28-29	29	-92.398	344.836	443	0.75	1.5	270	5.7	180
29-60	60	-92.398	344.836	407.5	-	1.5	270	5.7	180
60-28	28	-92.398	344.836	490	-	1.5	270	5.7	180
28-0	0	-	-	-	-	1.5	270	5.7	180

1.5.4 Технічне нормування

Нормування проводимо за рекомендаціями [10, с. 10] для операції 015.

Норма часу на верстатах з ЧПК розраховується за формулою:

$$T_{ш.к} = \frac{T_{п.з}}{n} + T_{шт} \quad (1.39)$$

де $T_{п.з}$ – підготовчо-заклучний час;

n – кількість деталей в партії;

$T_{шт}$ – норма штучного часу.

Основний час автоматичної роботи:

$$T_a = T_{oa} + T_{да}, \quad (1.40)$$

$$T_{oa} = \sum L_i / S_{mi} \quad (1.41)$$

де - L_i довжина робочого ходу інструмента відносно деталі в напрямку подачі при обробці i -ї технологічної ділянки траєкторії руху інструменту з врахуванням врізання і виходу інструмента,

S_{mi} - хвилинна подача на даній ділянці траєкторії,

I - к-сть технологічних ділянок обробки,

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР.ПМ-043.00.000 ПЗ					

Нормування решти операцій технологічного процесу проводимо згідно рекомендацій викладених в [1], [10], а результати нормування зводимо в таблицю 1.18.

Таблиця 1.18 - Нормування технологічного процесу, хв.

Назва операції	T _o	T _{шт}	T _{п.з}	T _{шт.к}
005 Горизонтально-розточна	77,94	90,2	24	91,5
010 Довбальна	0,61	4,8	18	5,8
015 Вертикально-свердлильна	26,4	31,5	30	32,6
020 Вертикально-свердлильна	0,76	8,12	20	8,8

					БР.ПМ-043.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 Конструкторська частина

2.1 Початкові дані. Опис будови і принцип роботи пристрою

Пристрій призначений для розточування отворів $\varnothing 115H7$, $\varnothing 70H7$ і фрезерування поверхонь 5, 6, 9, 10, 11 і 12 в розмір, відповідно 410h14, 84h14 і 280 h14.

Верстат: горизонтально-розточний моделі 2А620Ф2-1; розміри робочої поверхні стола 800×1000 мм; відстань від осі шпинделя до поверхні стола 800 мм.

Інструмент: різці розточні, фреза торцева і кінцева.

Теоретична схема установки показана на рисунку 1.1. Бази заготовки спеціально не обробляються. Розміри заготовки 410×462×289.

Пристрій одномісний і однопозиційний; оснащений гвинтовим затиском.

Даний пристрій розроблений для підвищення продуктивності обробки, а саме: зменшення штучного і підготовчо-заключного часу, підвищення точності обробки, зменшення витрат на заробітну плату за рахунок потреби у меншій кваліфікації робітника і т.п.

Пристрій має просту конфігурацію. Він складається з таких основних деталей: зварна плита 2, призма 3, швидкозмінна шайба 4, опора 5, пневмоциліндр 1.

Оброблювана заготовка базується на призму 3, яку для зниження маси пристрою виконується зрізаною. Призма 3 на плиту 2 встановлюється на три штифти 11 і кріпиться чотирма болтами. Для регулювання положення деталі застосовується опора 5. Затиск здійснюється за допомогою швидкозмінної шайби, яка притискає деталь під дією штока пневмоциліндра. Суміщення координатної системи пристрою відносно координатної системи верстату здійснюється за допомогою шпонок 10. Пристрій закріплюється за допомогою 2-ох болтів М16 ГОСТ 12459-67 з шайбами і гайками.

					БР.ЛІМ-043.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2 Розрахунок сили різання

На даній операції проводиться фрезерування площин пов. 5, 6. Розрахунок проводимо для фрезерування на даному переході, оскільки при ньому присутня найбільша потужність різання за методиками, поданими в [5, 9].

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^{x_p} \cdot S_z^{y_p} \cdot B^{u_p} \cdot z}{D^{q_p} \cdot n^{q_p}} \cdot k_p, \quad (2.5)$$

де $C_p=54,5$ – коефіцієнт;

$x_p=0,9$; $y_p=0,74$; $u_p=1,0$; $q_p=0$; $q_p=1,0$ – показники степеня.

k_{mp} – поправочний коефіцієнт на якість оброблюваного матеріалу:

$$k_{mp} = (HB/190)^{n_p}, \quad (2.6)$$

де $n_p=0,4$ – показник степеня ;

$$k_{mp} = (196/190)^{0,4} = 1,01.$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 54,5 \cdot 3,1^{0,9} \cdot 0,01^{0,74} \cdot 200 \cdot 14}{250^{1,0} \cdot 315^0} \cdot 1,01 = 560H.$$

Розрахункова схема для визначення сили затиску представлена на рисунку 2.2.

Згідно схеми дії сил складаємо рівняння і розраховуємо силу затиску:

$$Q \cdot 130 + P \cdot 153 = k \cdot P_z \cdot 390, \quad (2.7)$$

де P_z – сила різання, Н;

P – вага деталі;

k – коефіцієнт надійності

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 \quad (2.8)$$

де $k_0=1,5$ – гарантований коефіцієнт надійності;

$k_1=1,2$ – коефіцієнт, що враховує стан технологічної бази;

$k_2=1,2$ – коефіцієнт, що враховує ударні навантаження;

$k_3=1,4$ – коефіцієнт, що враховує затушення інструменту;

$k_4=1,3$ – коефіцієнт, що враховує стабільність силового приводу;

$k_5=1,0$ – коефіцієнт, що характеризує механізм з пневмоприводом;

$k_6=1,0$ – коефіцієнт, що враховує певне розташування опорних точок.

$$k = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,4 \cdot 1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 3,9$$

					БР.ПМ-043.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot W}{p \cdot \eta \cdot \pi}}, \quad (2.10)$$

де $p=0,3 \dots 0,6$ МПа – робочий тиск в циліндрі;

$\eta=0,95$ – коефіцієнт, що враховує тертя в циліндрі;

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 2794,69}{0,95 \cdot 0,4 \cdot 3,14}} = 96,79 \approx 100 \text{ мм.}$$

2. 3 Розрахунок пристрою на точність

Теоретична схема базування представлена на рисунку 1.1.

Розрахунок ведемо згідно рекомендацій [9].

$$\varepsilon \leq T$$

$$\varepsilon = \varepsilon_{\text{сис}} + k \cdot \sqrt{\varepsilon_{\text{вин}}^2 + \varepsilon_{\text{н}}^2}, \quad (2.11)$$

де k – коефіцієнт відносного розподілу розмірів. $k=1,2$;

$\varepsilon_{\text{вин}}$ –випадкова похибка

$$\varepsilon_{\text{вин}} = \sqrt{\varepsilon_d + \varepsilon_{\phi}} \quad (2.12)$$

де $\varepsilon_d = (T/6)^2 = (0,03/6)^2 = 0,000025$ мм.

$\varepsilon_{\phi} = 0,007$ мм – похибка форми, яка охоплює відхилення від ідеального профілю як в поперечному, так і поздовжньому перерізах циліндра.

$$\varepsilon_{\text{вин}} = \sqrt{0,000025^2 + 0,007^2} = 0,007 \text{ мм.}$$

$\varepsilon_{\text{сис}}$ – систематична закономірно-змінна похибка розміру, залежить від розмірного спрацювання інструмента і теплових деформацій.

$$\varepsilon_{\text{сис}} = (L/1000) \cdot u_0 = (98/1000) \cdot 13 = 1,274 \text{ мкм} = 0,001274 \text{ мм.}$$

де u_0 – відносний знос інструмента;

$\varepsilon_{\text{н}}$ –похибка розмірного налагодження ТС (приймаємо згідно)

$$\varepsilon_{\text{н}} \cong 0,4 \cdot \omega = 0,4 \cdot 0,05 = 0,02 \text{ мкм};$$

ω – податливість системи ВПІД (див. п.1.5.3 ПЗ).

Остаточно отримаємо:

$$\varepsilon = 0,001274 + 1,2 \cdot \sqrt{0,007^2 + 0,02^2} = 0,0267 \text{ мм.}$$

$$\varepsilon = 0,0267 \leq T = 0,03 \text{ мм.}$$

Отже, точність пристрою забезпечується.

					БР.ЛІМ-043.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.4 Розрахунок слабкої ланки пристрою

Слабкою ланкою пристрою є шток пневмоприводу. Найбільші зусилля виникають під час затиску деталі, шток працює на розтяг, а тому в ній виникають напруження розтягу. Проведемо розрахунок діаметру штока виходячи з умови

$$\text{міцності на розтяг: } d \geq \sqrt{\frac{4 \cdot W}{\pi \cdot [\sigma_p]}}, \text{ мм} \quad (2.13)$$

де $[\sigma_p]=137$ МПа – допустимі напруження на розтяг.

Матеріал приймаємо сталь 45 ДСТУ 7809:2015.

$$\text{Тоді: } d \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 2794,649}{134 \cdot 3,14}} = 5,15 \text{ мм.}$$

Із конструктивних міркувань приймаємо діаметр штока 20мм.

2.5 Рівень стандартизації пристрою

Рівень стандартизації деталей пристрою – це коефіцієнт, що показує відсоток застосування в пристрої уніфікованих вузлів та деталей. Він визначається за формолою:

$$K_{\text{пр}} = (\sum \text{заг} - \sum o) \cdot 100\% / \sum \text{заг}, \quad (2.4)$$

$\sum \text{заг} = 25$ – загальна кількість складових частин пристрою;

$\sum o = 8$ – кількість оригінальних деталей та вузлів.

$$K_{\text{пр}} = (25 - 8) \cdot 100\% / 25 = 68\%.$$

					БР.ЛІМ-043.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

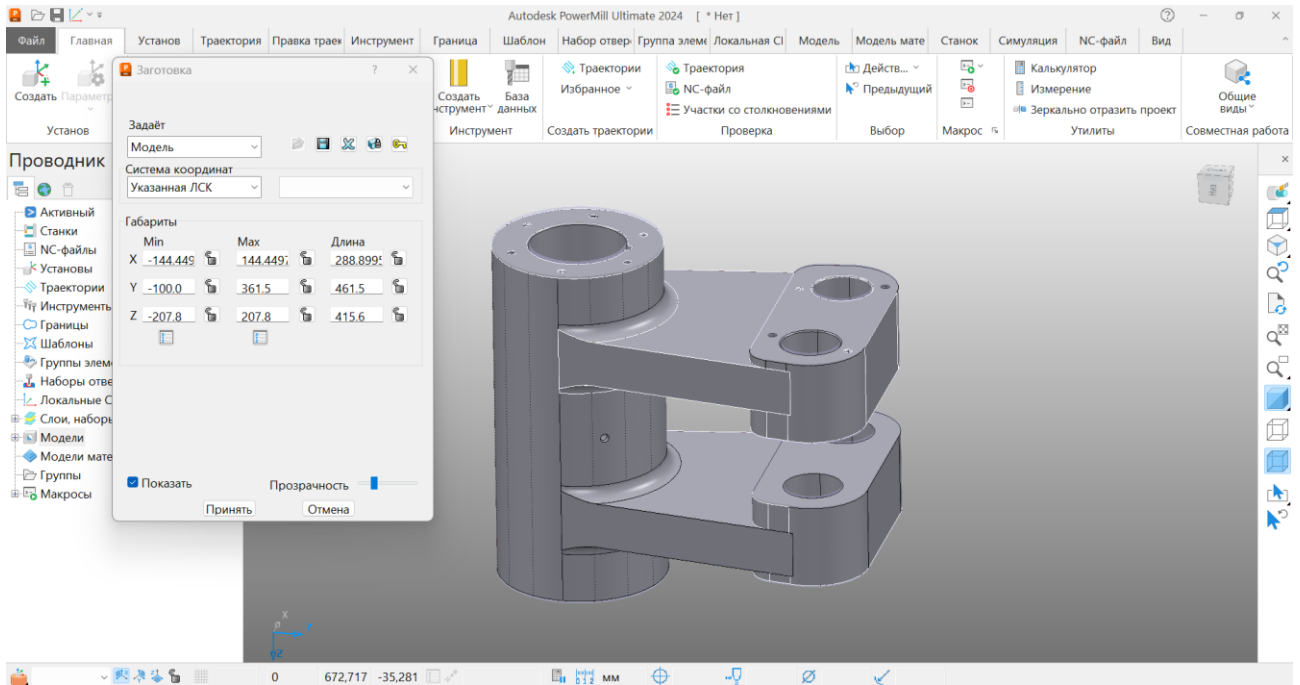


Рисунок 3.3 – Вибір способу задання заготовки

Етапи проведення розрахунків траекторій обробки поверхонь важеля на верстаті з ЧПК показані на рисунках 3.4 – 3.27. Згенеровані системою керуючі програми обробки подані в Додатку.

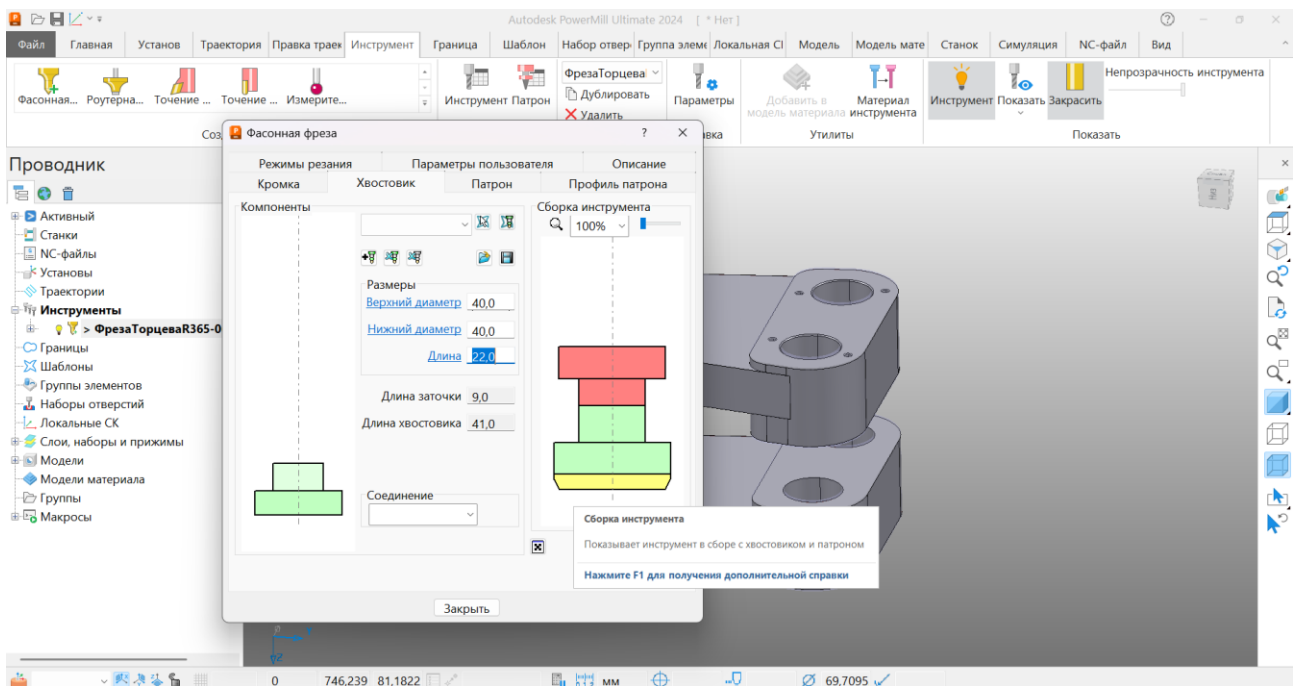


Рисунок 3.4 – Створення моделі торцевої фрези

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

БР.ПМ-043.00.000 ПЗ

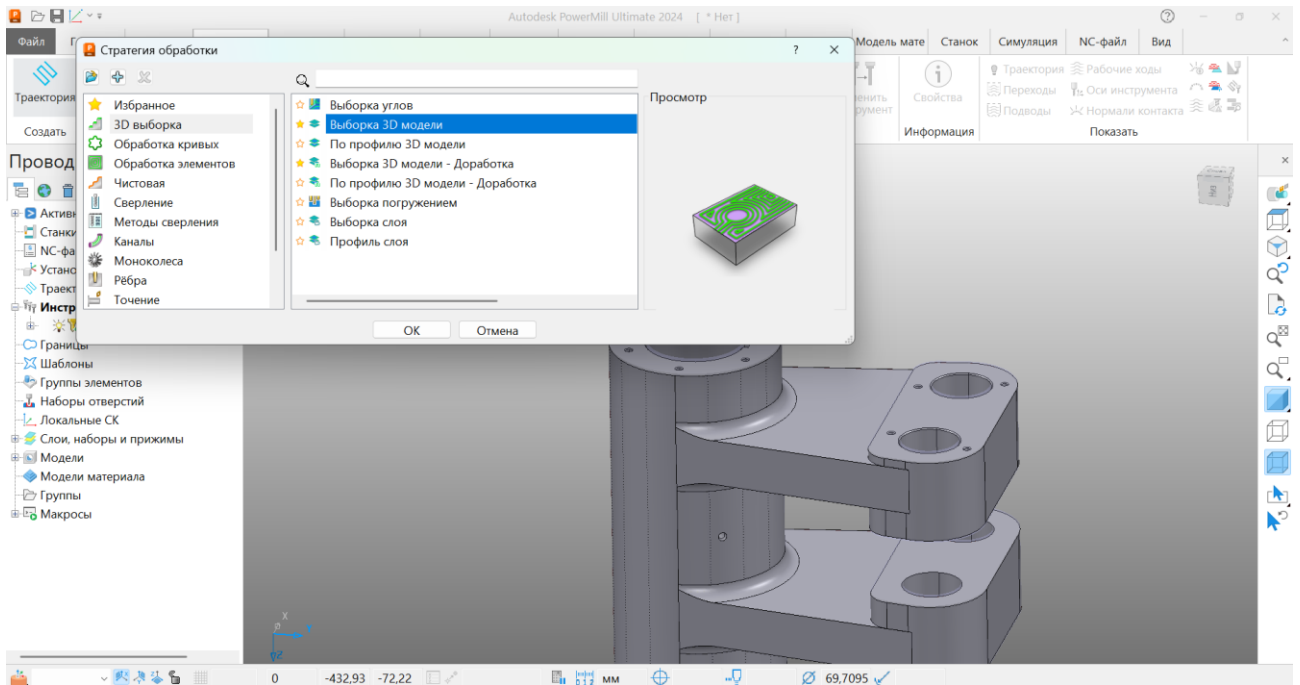


Рисунок 3.5 – Вибір стратегії обробки

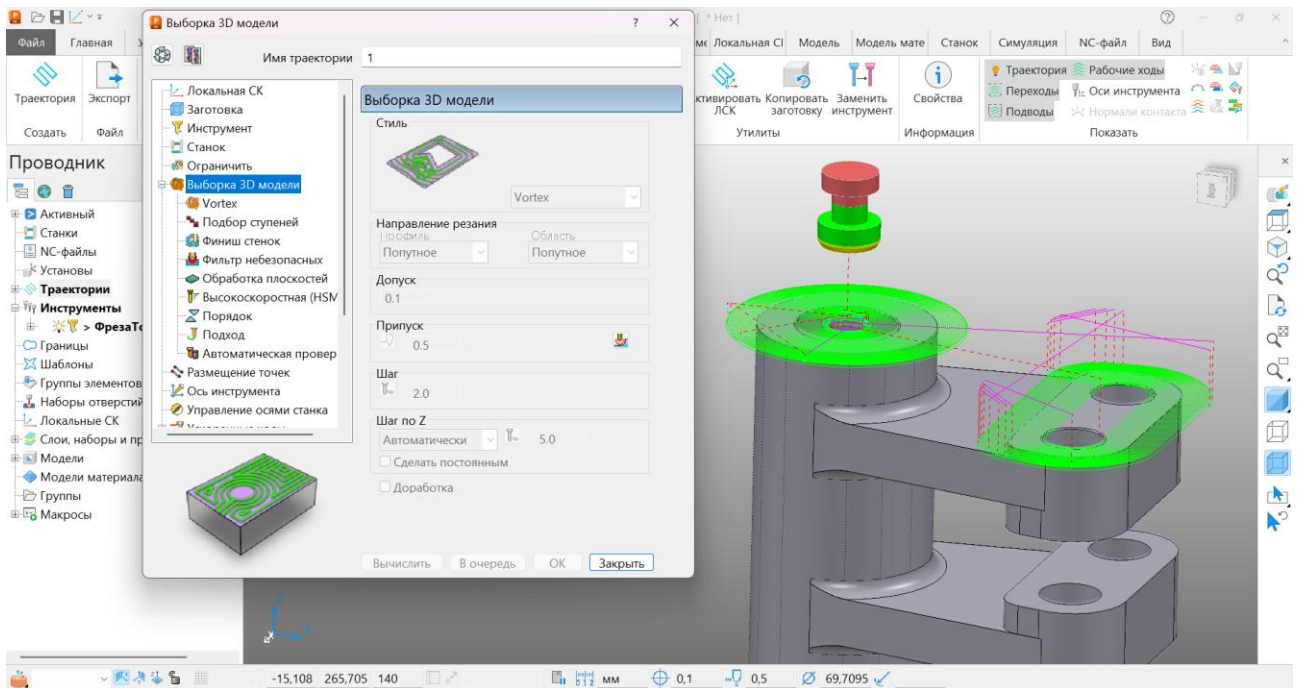


Рисунок 3.6 – Проектування фрезерування площин

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.ПМ-043.00.000 ПЗ

Арк.

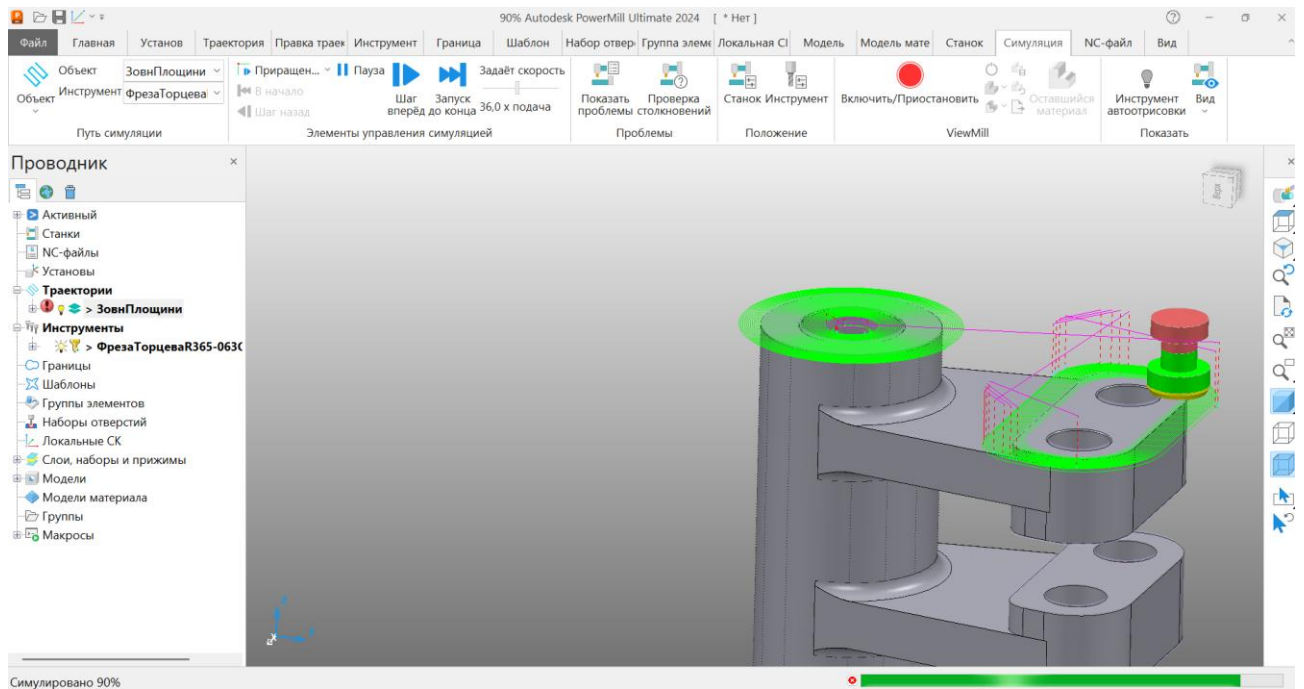


Рисунок 3.7 – Моделювання фрезерування площин

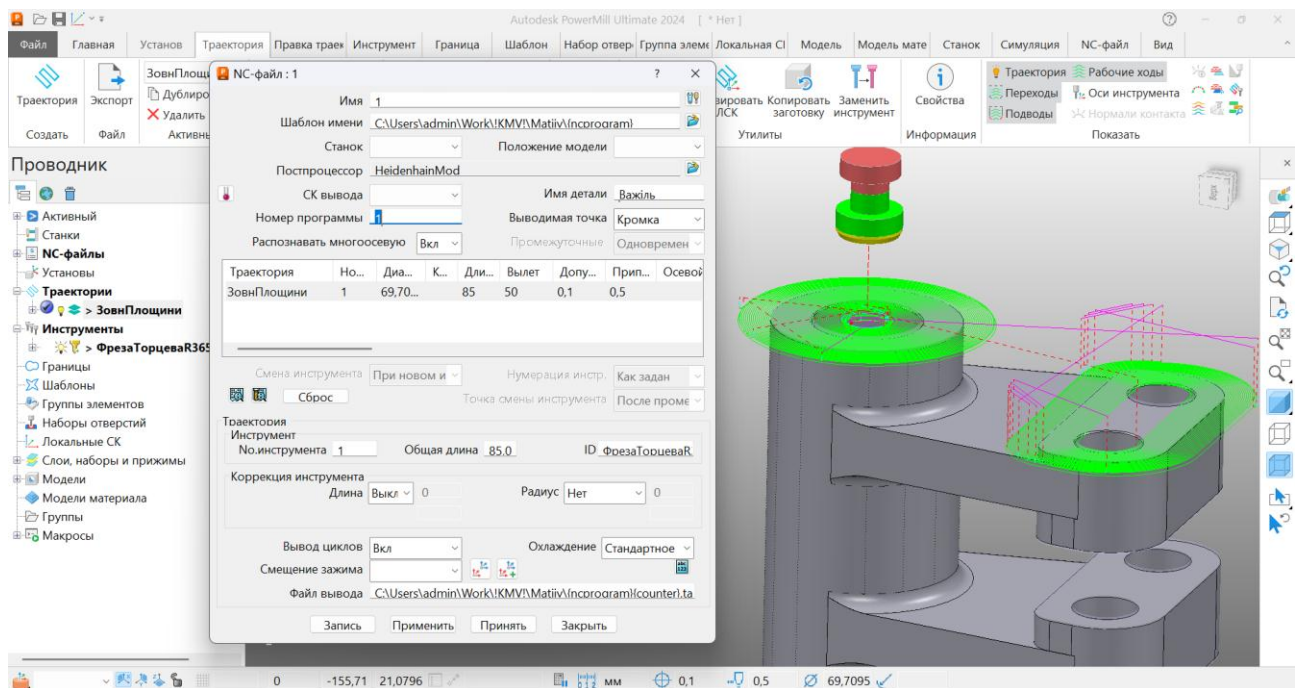


Рисунок 3.8 – Створення NC-файлу

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

БР.ПМ-043.00.000 ПЗ

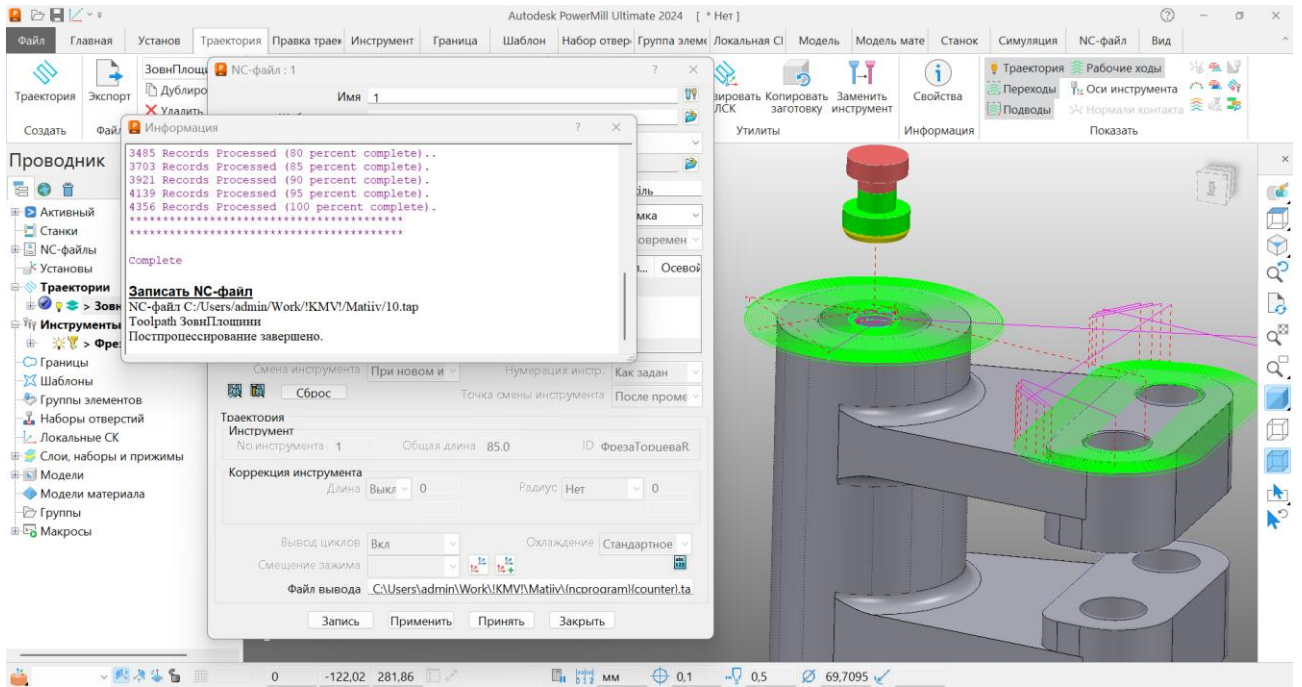


Рисунок 3.9 – Запис NC-файлу

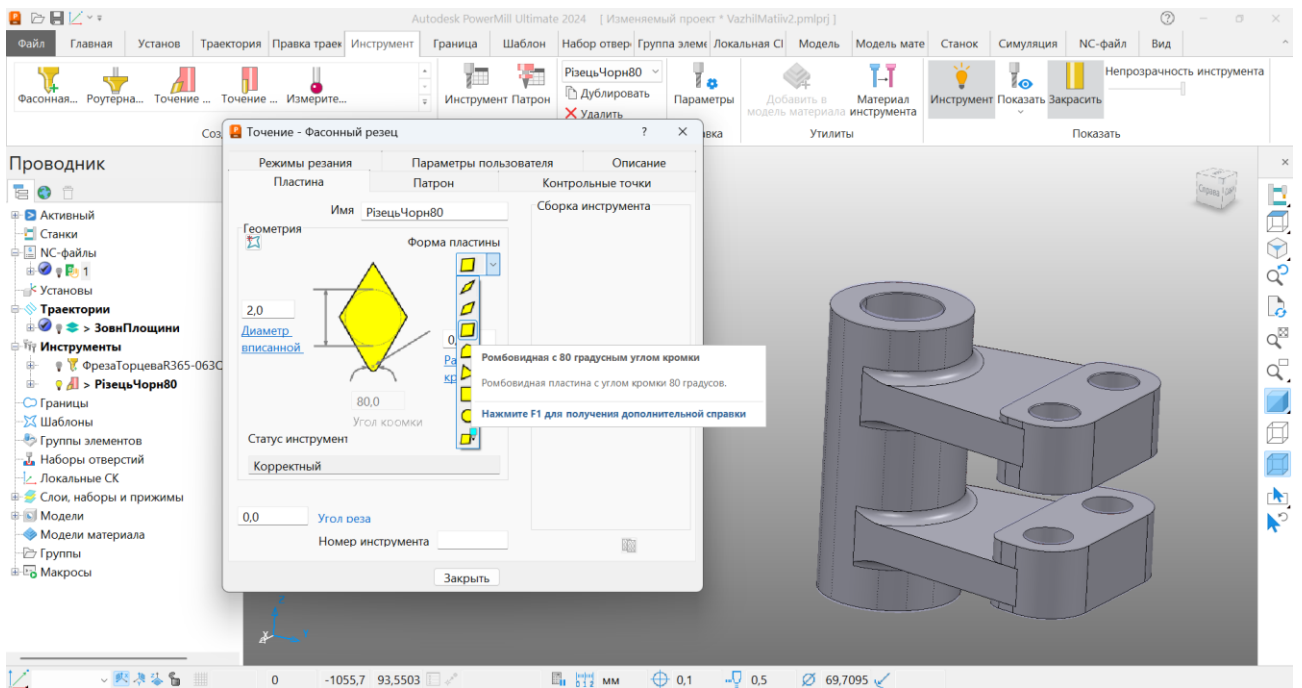


Рисунок 3.10 – Створення моделі чорного різця

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.ПМ-043.00.000 ПЗ

Арк.

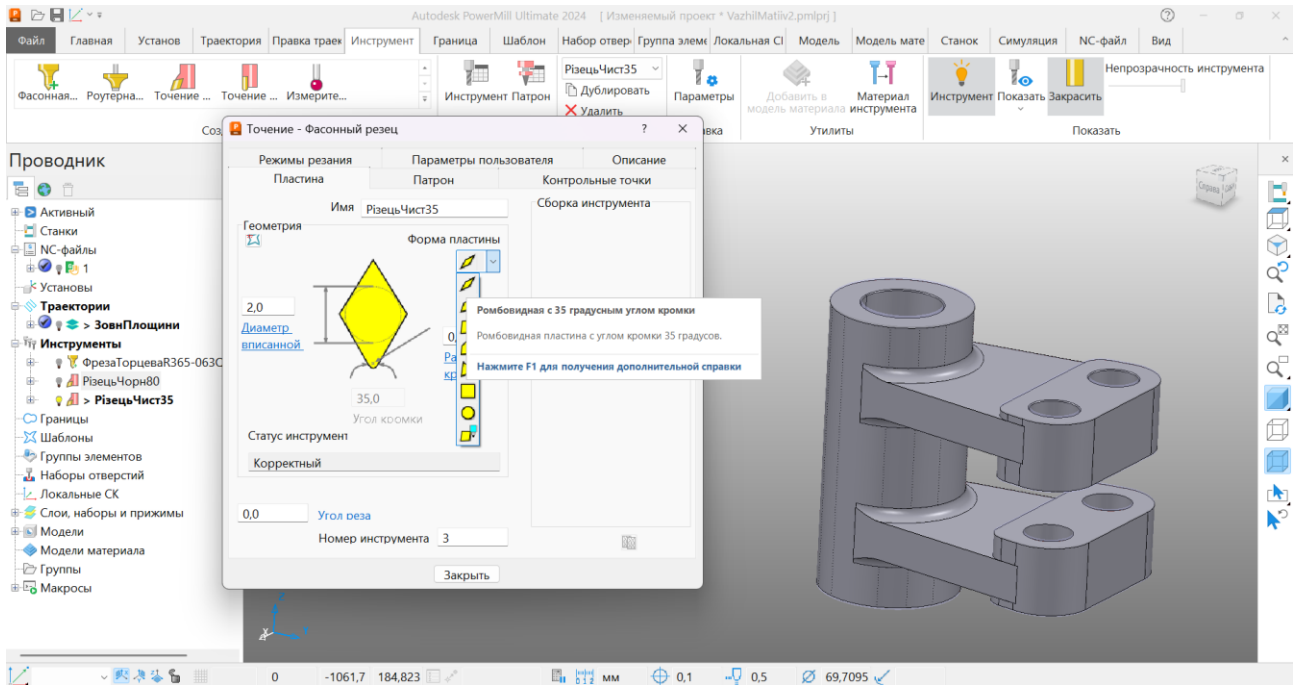


Рисунок 3.11 – Створення моделі чистового різця

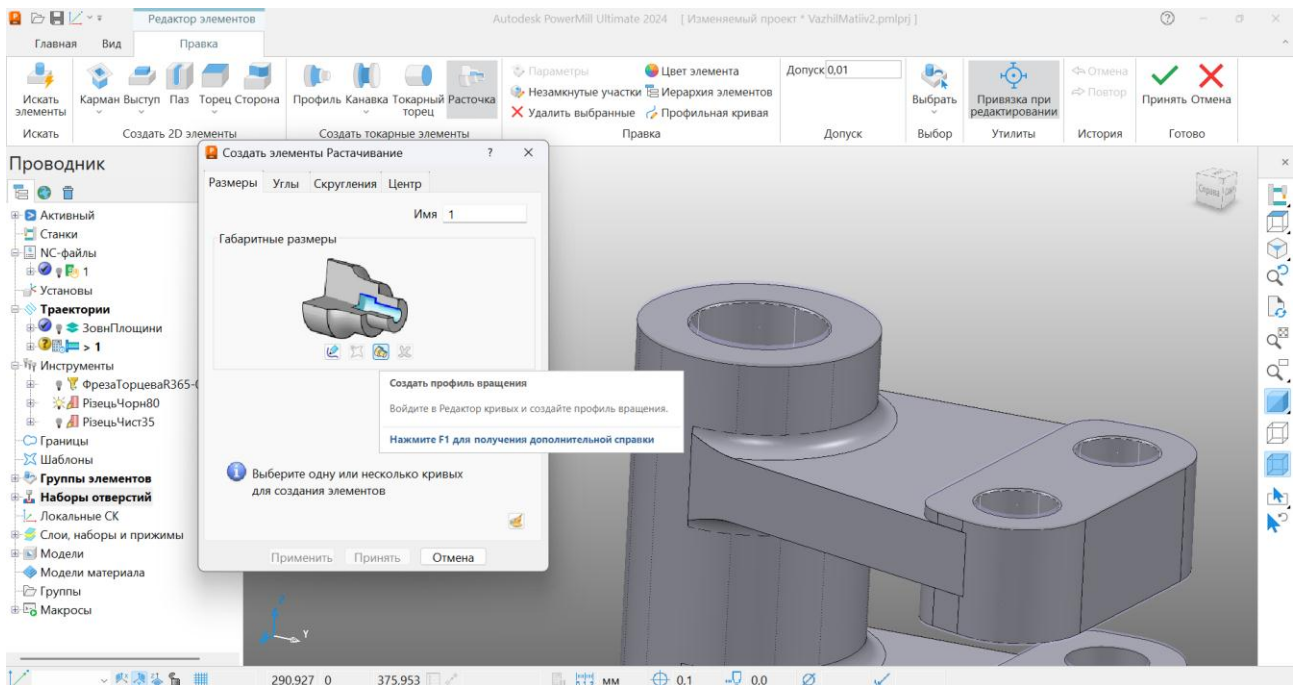


Рисунок 3.12 – Створення елементу «Розточування»

							Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		БР.ПМ-043.00.000 ПЗ	

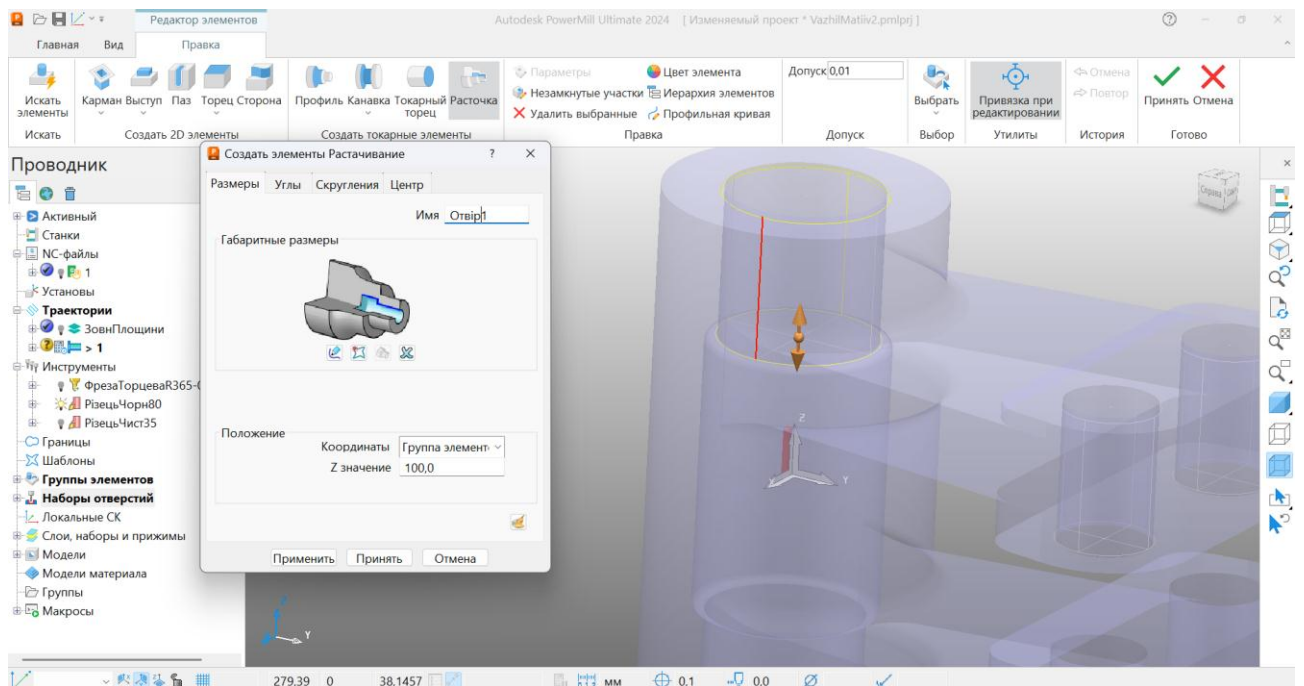


Рисунок 3.13 – Створення профілю обертання

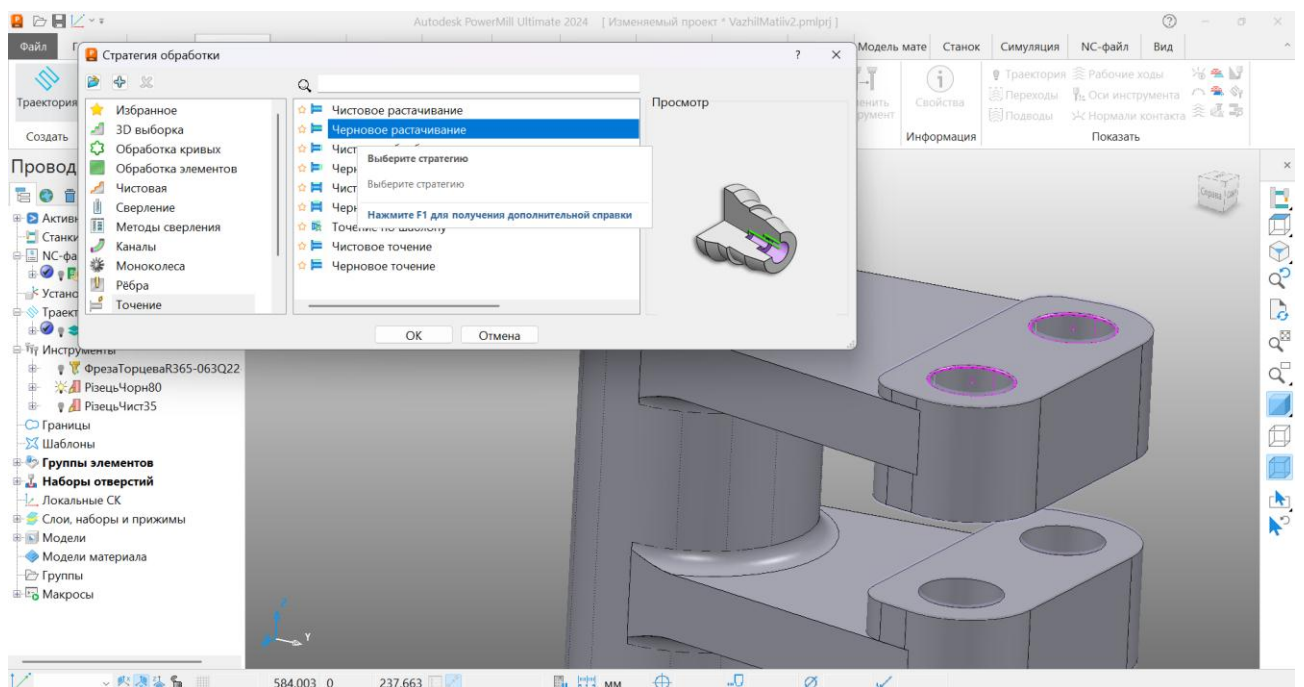


Рисунок 3.14 – Вибір стратегії обробки

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

БР.ПМ-043.00.000 ПЗ

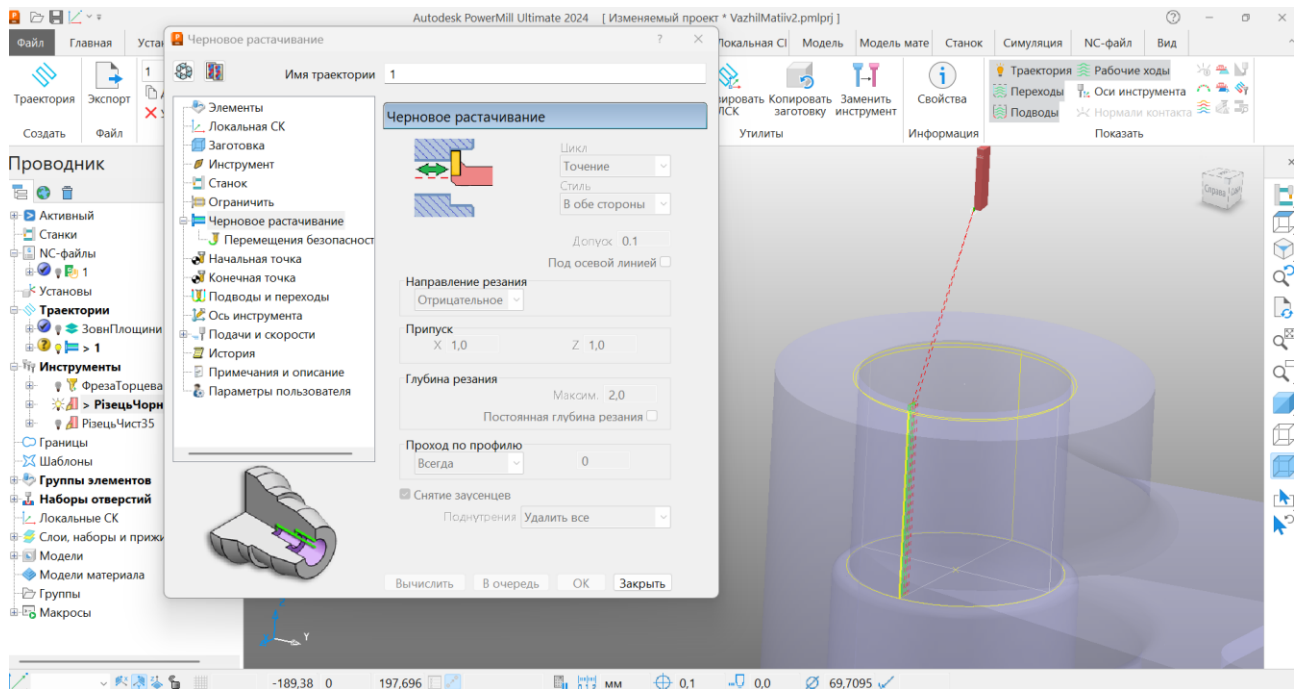


Рисунок 3.15 – Проектування чорнового розточування

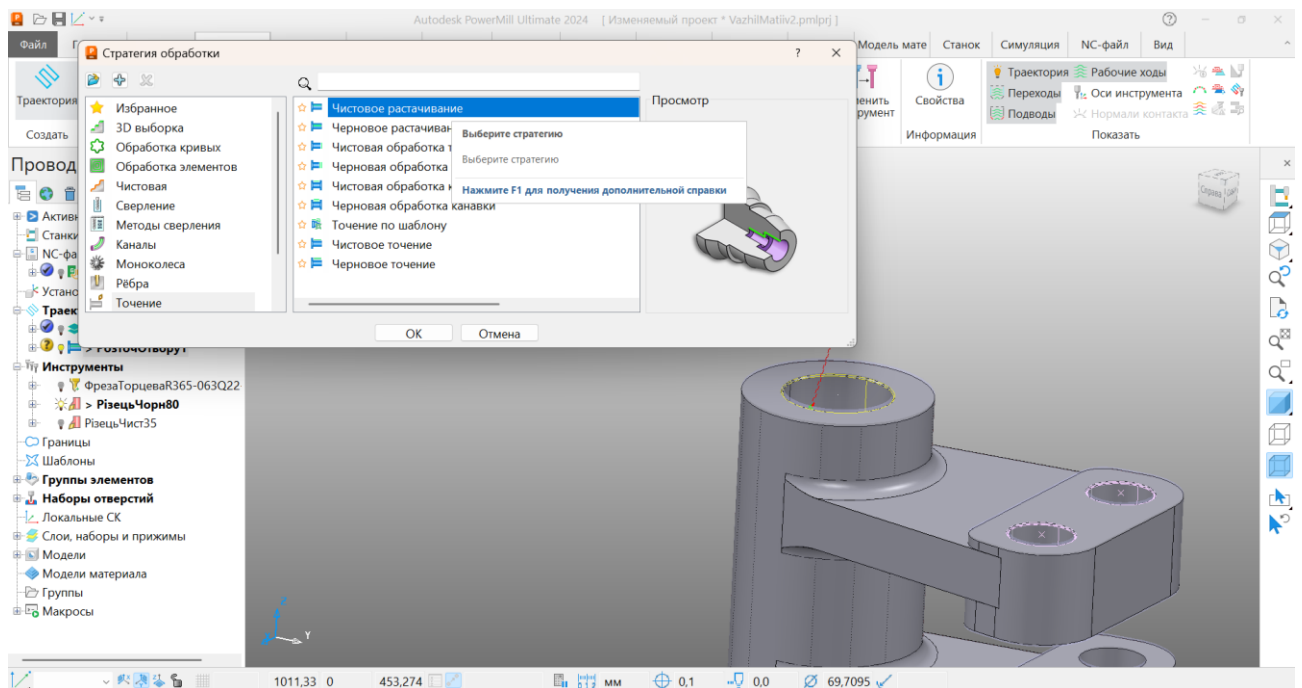


Рисунок 3.16 – Вибір стратегії обробки

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.ПМ-043.00.000 ПЗ

Арк.

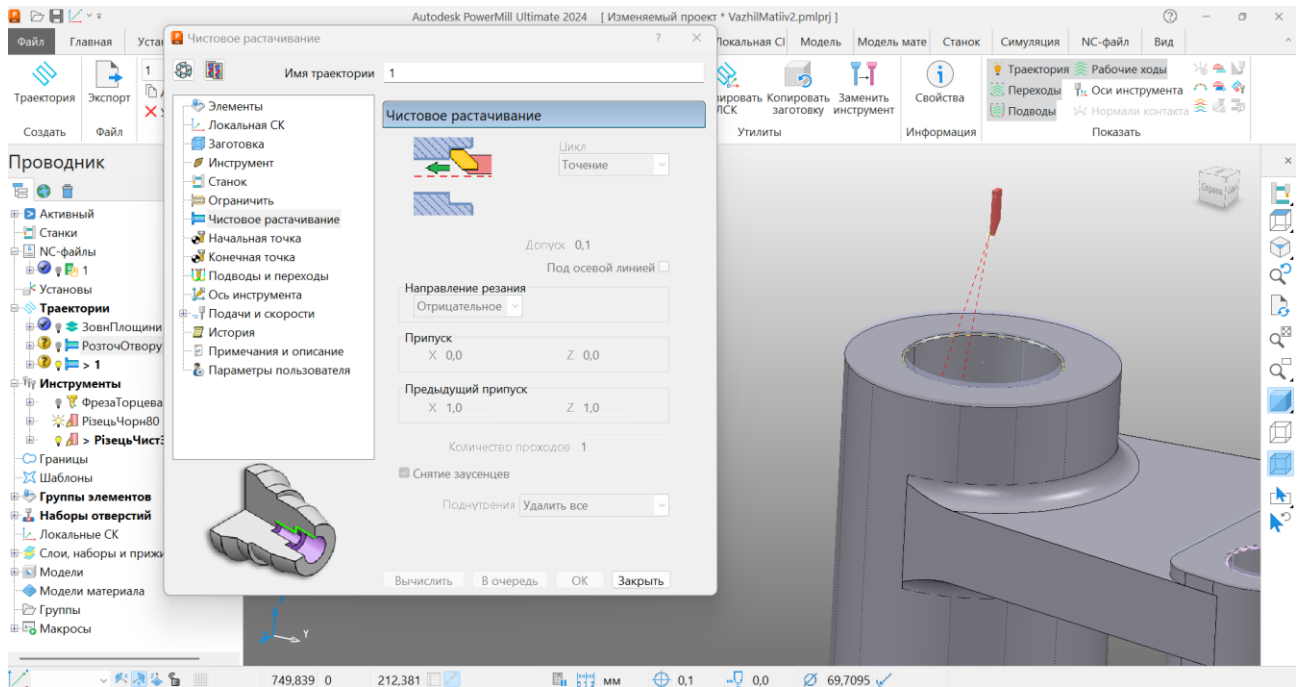


Рисунок 3.17 – Проектування чистового розточування

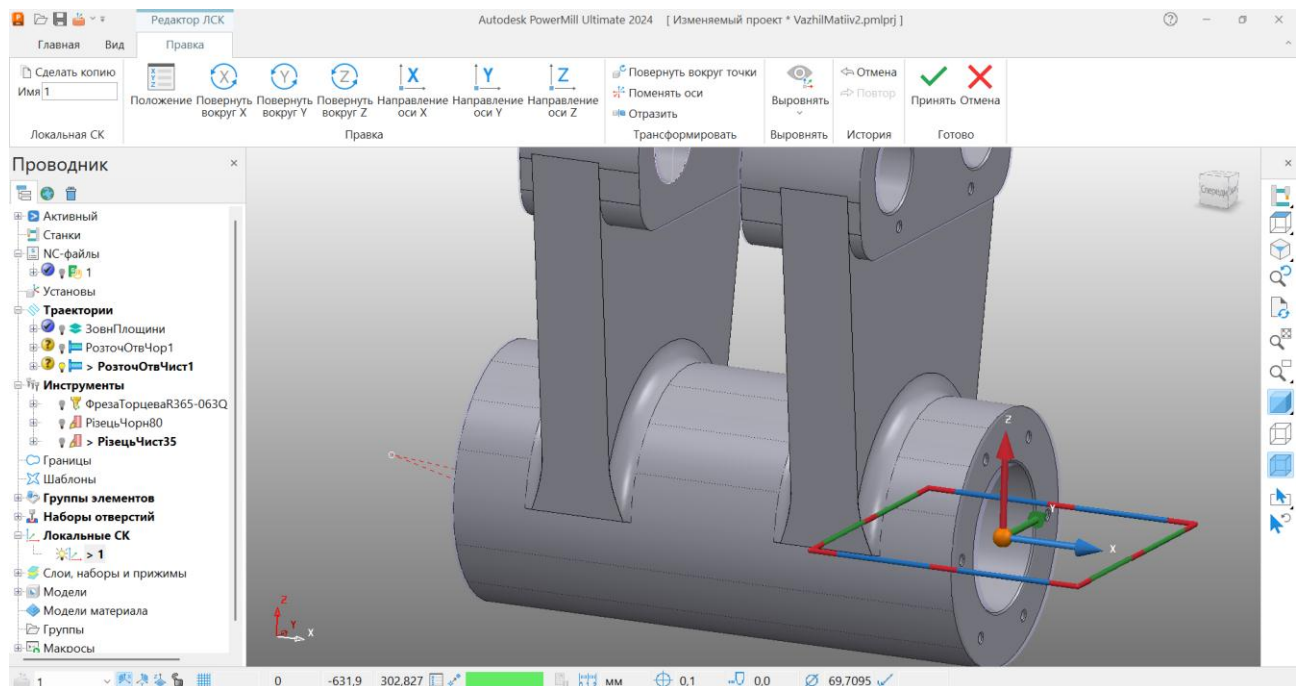


Рисунок 3.18 – Створення локальної системи координат

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
БР.ПМ-043.00.000 ПЗ									

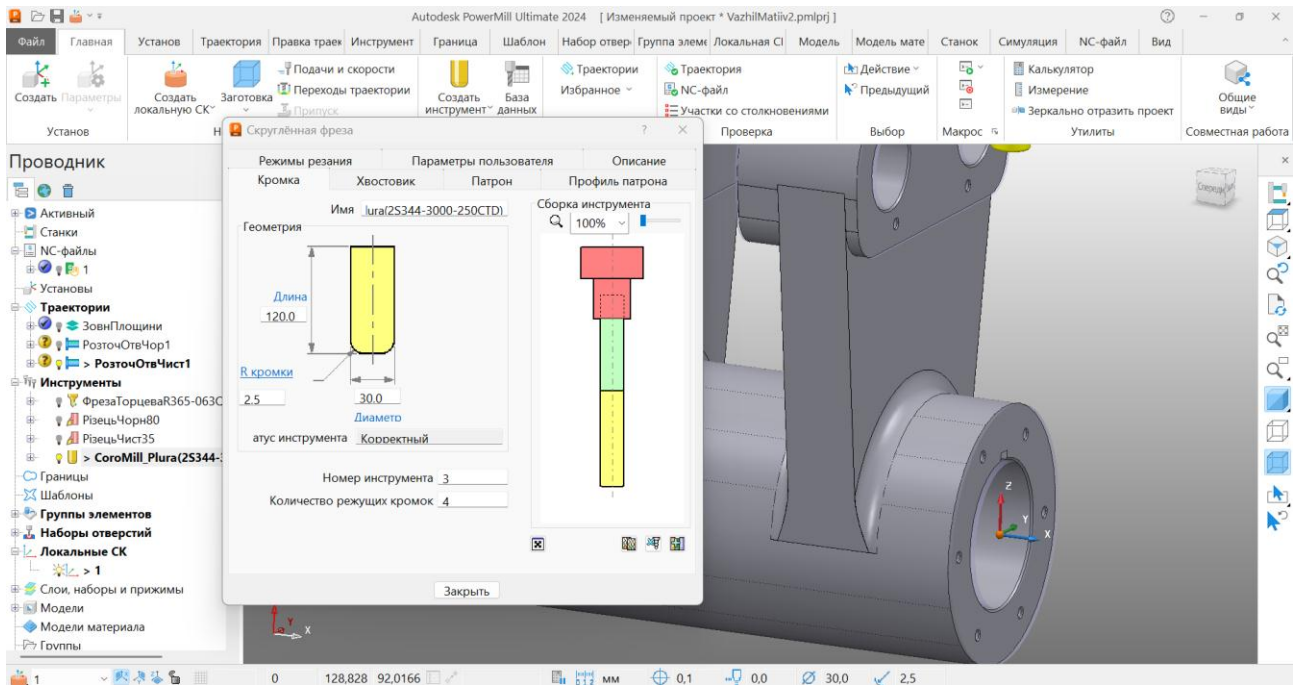


Рисунок 3.19 – Створення моделі фрези

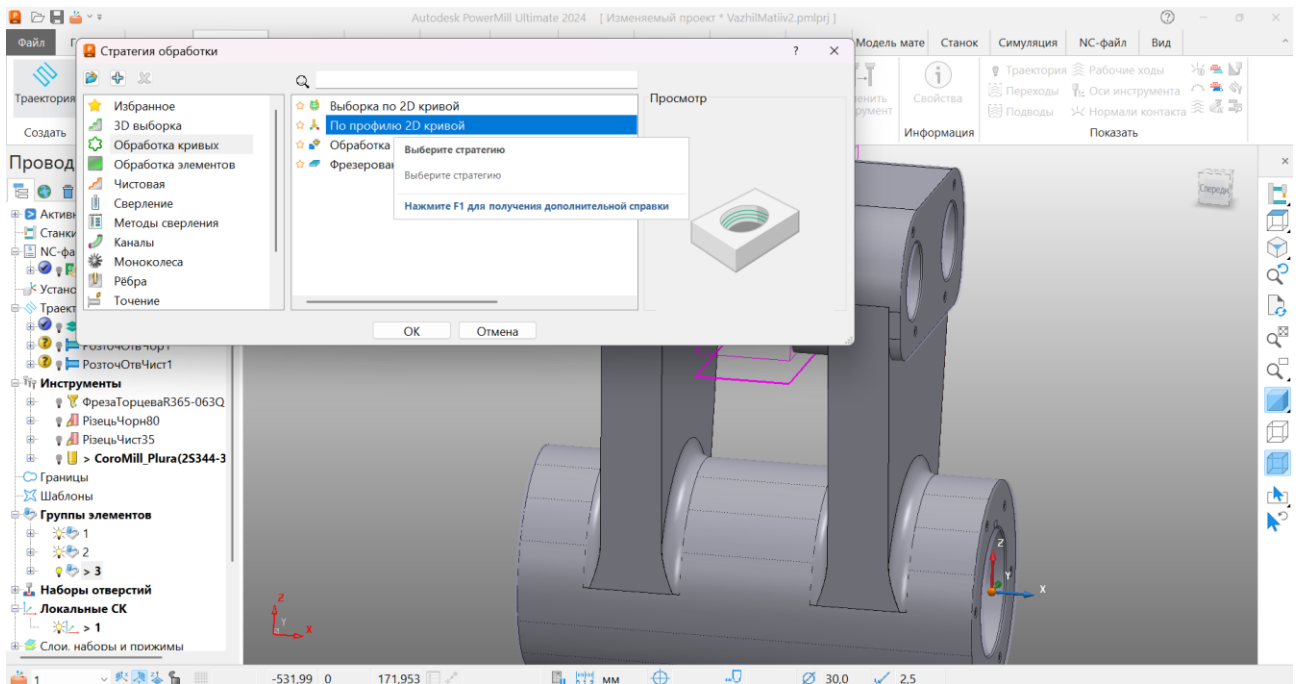


Рисунок 3.20 – Вибір стратегії обробки

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.ПМ-043.00.000 ПЗ

Арк.

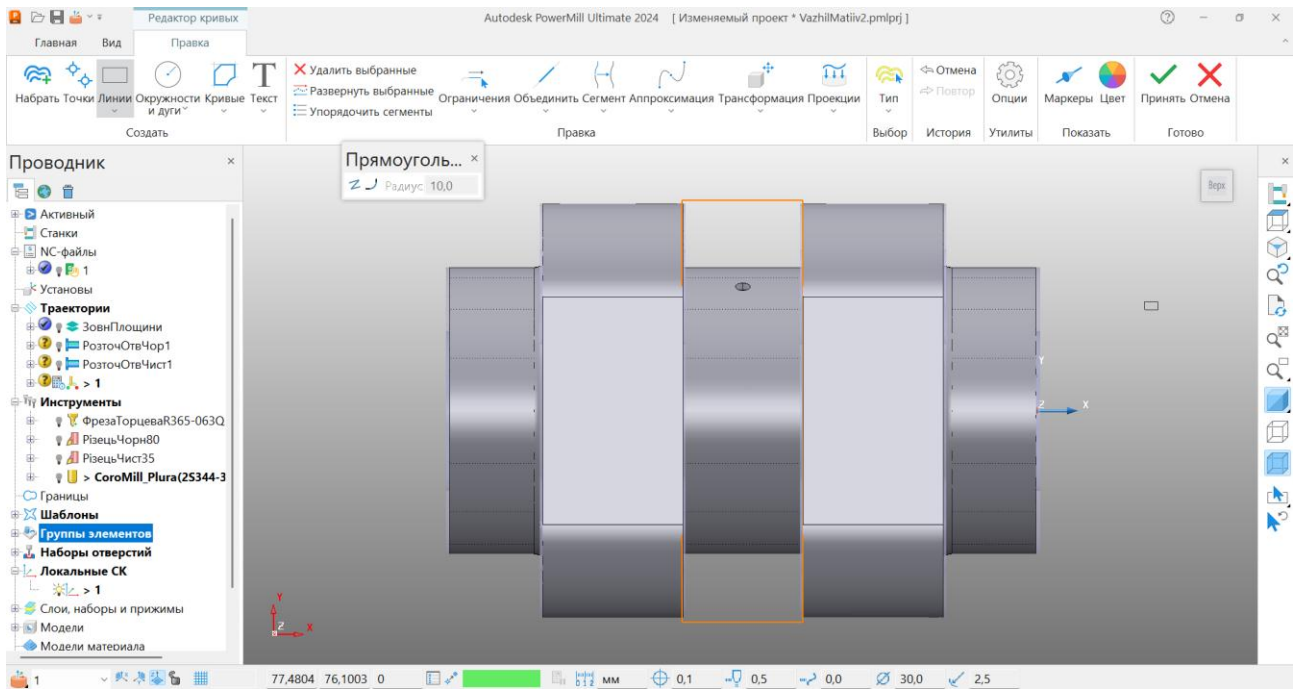


Рисунок 3.21 – Обмеження області обробки

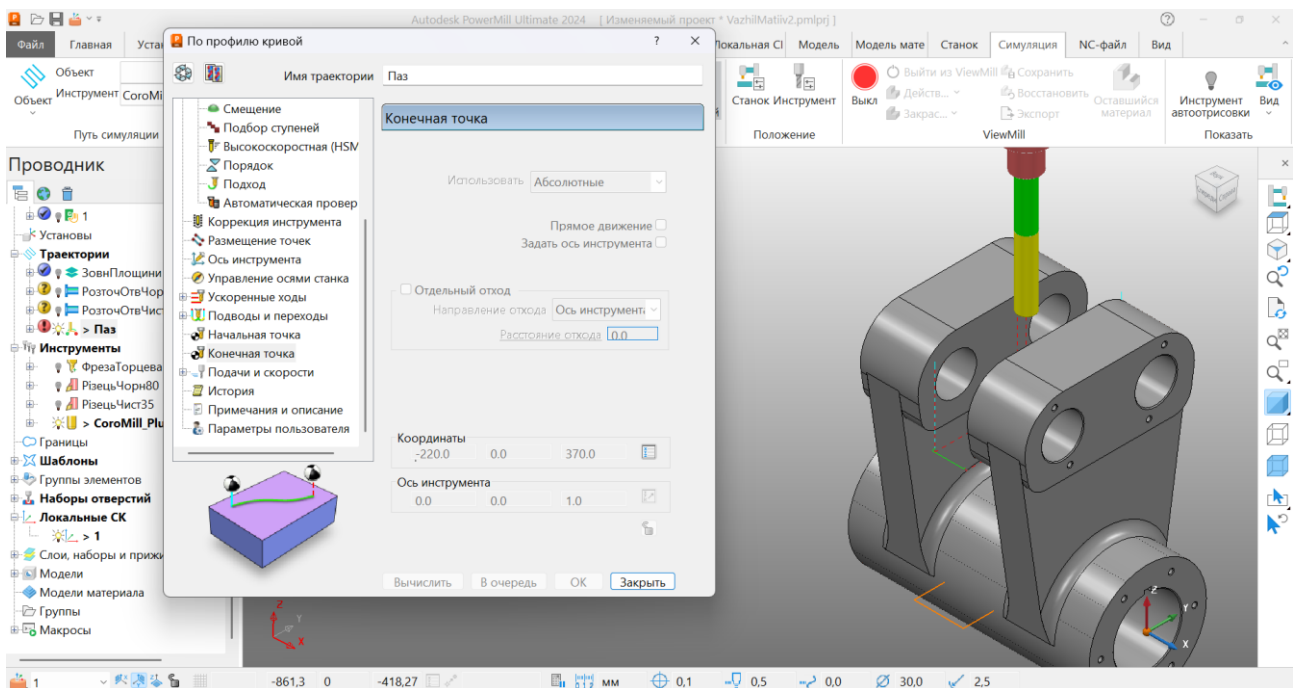


Рисунок 3.22 – Проектування фрезерної обробки

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
БР.ПМ-043.00.000 ПЗ									

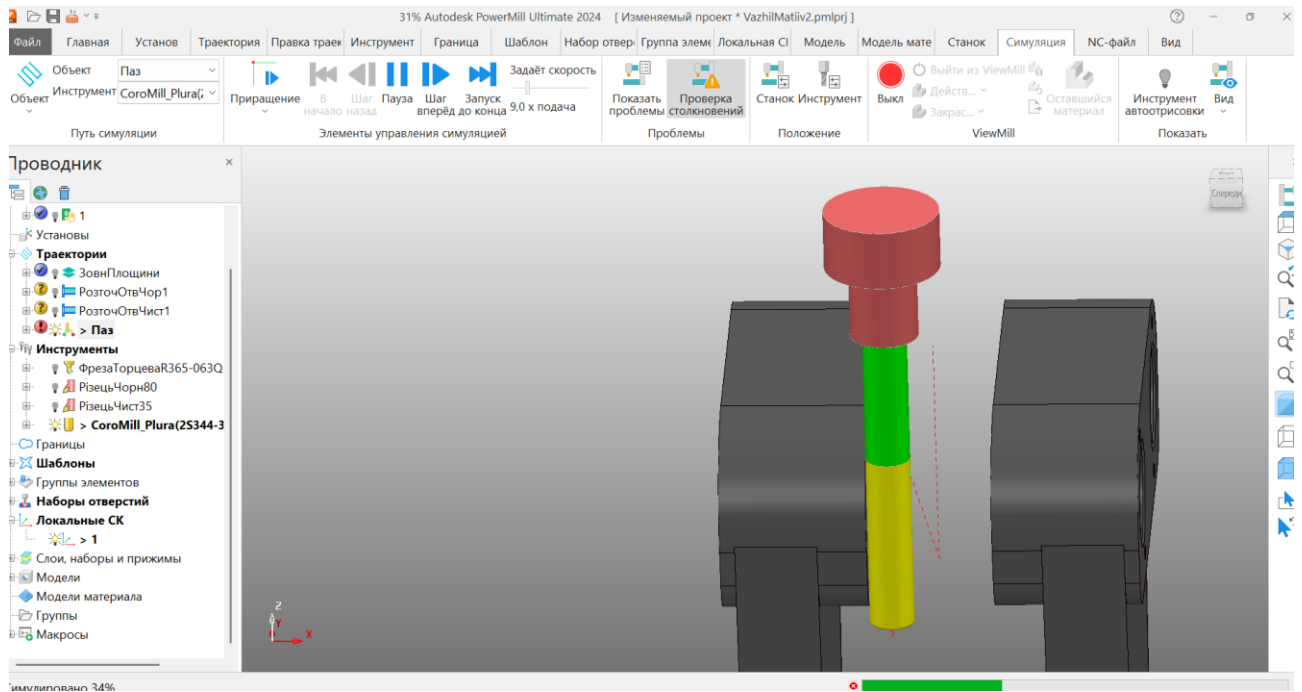


Рисунок 3.23 – Моделювання фрезерної обробки

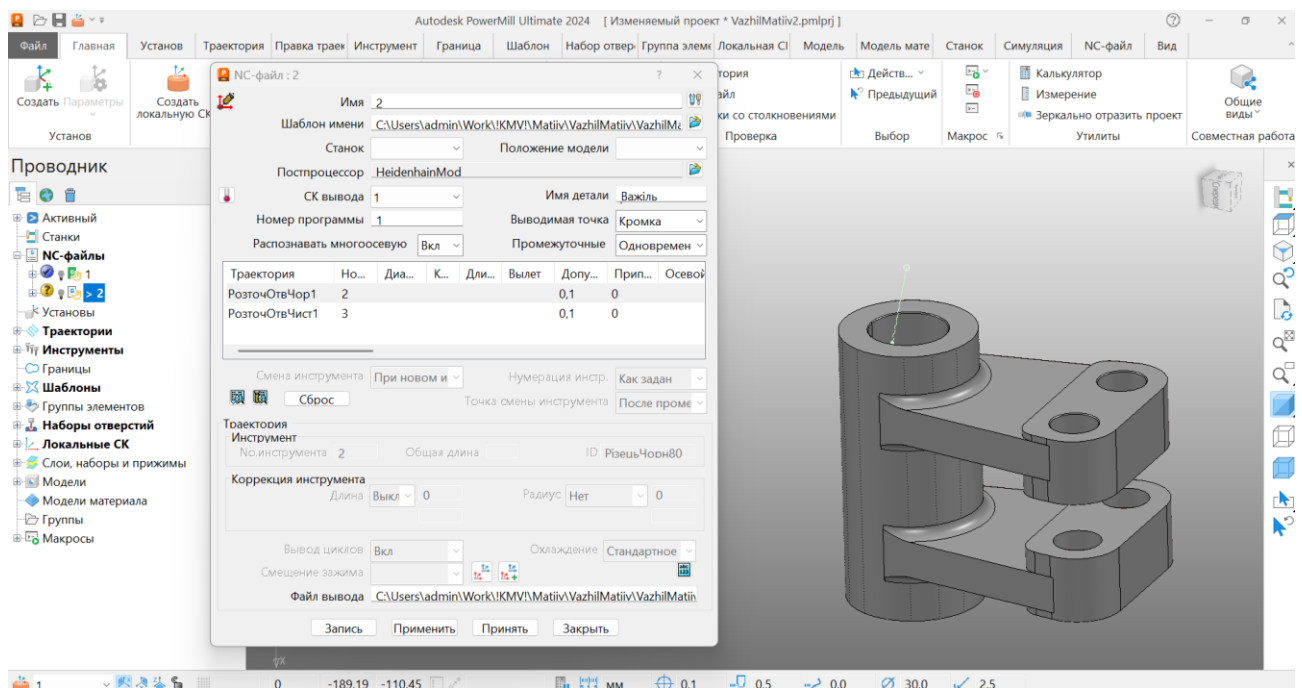


Рисунок 3.24 – Створення NC-файлу

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

БР.ПМ-043.00.000 ПЗ

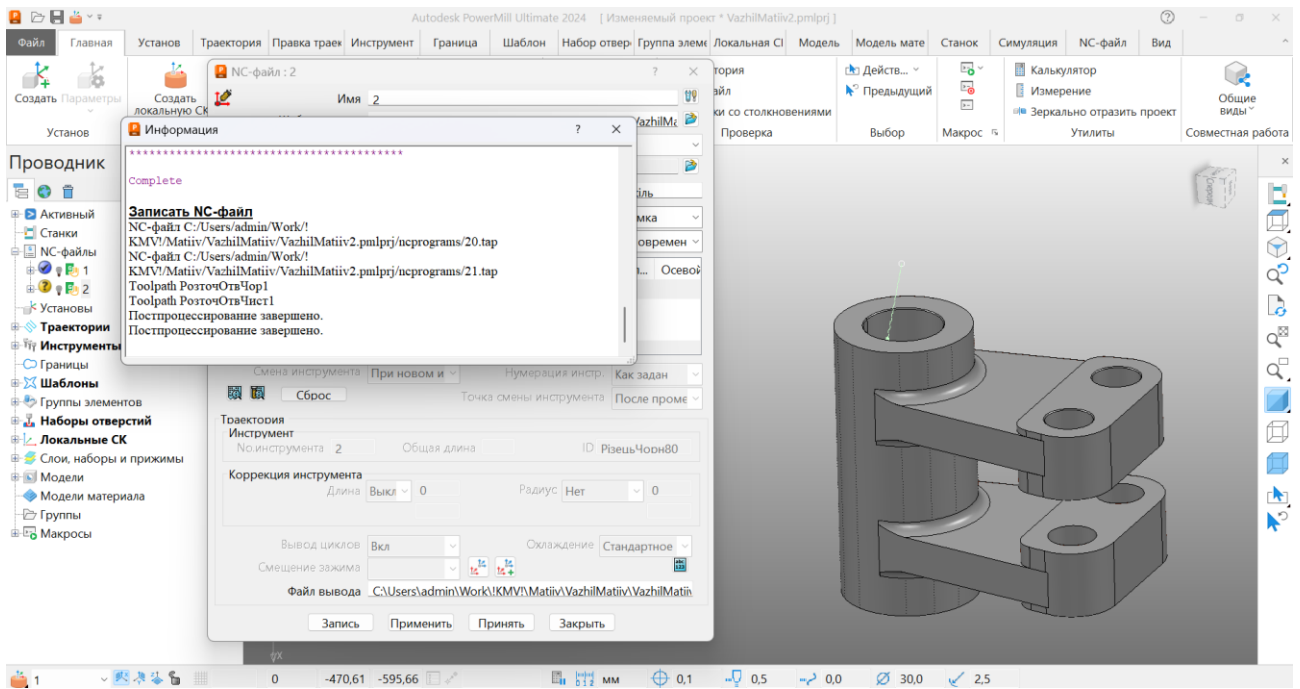


Рисунок 3.25 – Запис NC-файлу для траекторій розточування

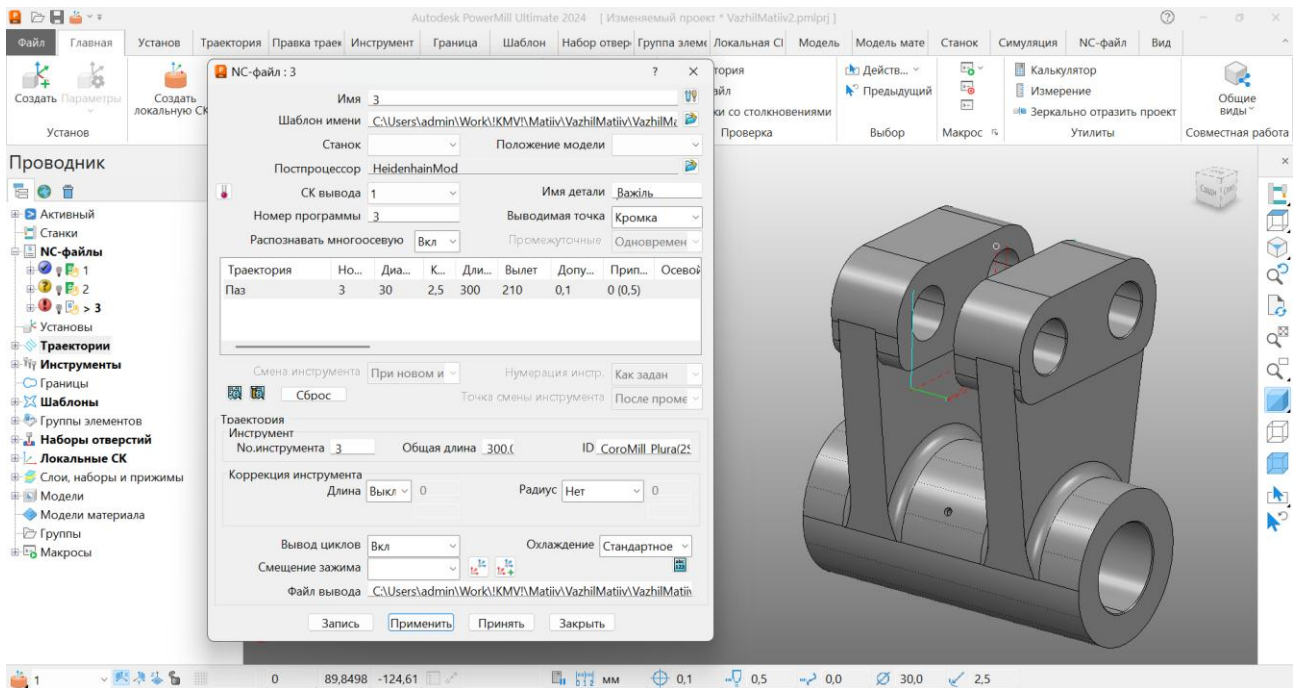


Рисунок 3.26 – Створення NC-файлу

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.ПМ-043.00.000 ПЗ

Арк.

Висновки

В кваліфікаційній бакалаврській роботі розроблено технологію виготовлення деталі "Важіль КТ 8041 31.101" для умов середньосерійного виробництва. Розроблено маршрутну та операційну технології на основі аналізу базового техпроцесу виготовлення. В порівнянні з базовим в спроектованому технологічному процесі:

- використані продуктивніші методи механічної обробки і спеціальне технологічне оснащення;
- припуски, режими різання і норми часу прийняті на основі чинних нормативів та визначено розрахунково-аналітичним методом;
- при обробці даної деталі використовується стандартний металорізальний інструмент який виготовляється серійно.

Спроектвано верстатний пристрій для розточування отворів $\varnothing 115H7$, $\varnothing 70H7$ і фрезерування поверхонь 5, 6, 9, 10, 11 і 12 на горизонтально-розточній операції з ЧПК. Його працездатність та точність підтверджується інженерними розрахунками.

Розроблено керуючі програми обробки поверхонь деталі на верстаті з ЧПК.

Результати роботи можуть бути використані на виробництві.

					БР.ПМ-043.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Список використаних джерел

1. Панчук В.Г., Карпик Р.Т., Врюкало В.В., Одосій З.М. Бакалаврська робота: методичні вказівки. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2021.с.
2. ДСТУ 4738:2007(ГОСТ 2590-2006)(EN 10060:2003, NEQ) Прокат сортовий сталевий гарячекатаний круглий. Сортамент
3. Основи технології виробництва машин : навчальний посібник / Г. П. Кремнев, В. М. Колеснік, Ф. В. Новіков, В. О. Жовтобрюх. Дніпро : ЛІРА, 2022. 136 с.
4. 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
5. 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
6. Руденко П. О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. / П. О. Руденко . — К. : Вища школа, 1993. — 414 с.
7. Основи технології машинобудування. Частина 2 : навчальний посібник / О. В. Дерібо — Вінниця : ВНТУ, 2014. — 114 с.
8. Проектування технологічних процесів. Частина1. Оброблення деталей - тіл обертання. [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка», спеціалізацій «Технології машинобудування» та «Технології виготовлення літальних апаратів» / Біланенко В.Г., Приходько В.П., Мельник О.О.; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: pdf - 12,8 Мбайт). Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 232 с.
9. Карпик Р. Т. Технологічна оснастка. Методичні вказівки / Р. Т.Карпик, Б. Д. Сторож. – Івано-Франківськ: Факел, 2010. – 80 с.
10. <https://www.secotools.com/>
11. Павленко І.І., Мажара В.А. Роботизовані технологічні комплекси: Навчальний посібник. – Кіровоград: КНТУ, 2010. – 392 с.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

БР.ПМ-043.00.000 ПЗ

Додатки

Додаток Б

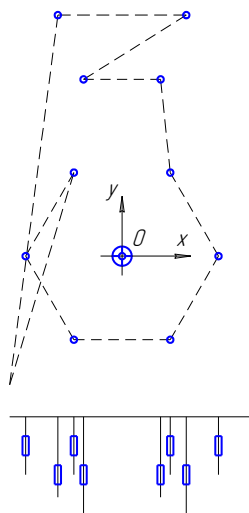
Таблиця Б.1 – Допуски на розміри відливки та припуски на механічну обробку
ГОСТ (26645-85)

ІФДТУНГ					
Кафедра технології машинобудування					
Призначення допусків на розміри відливок та припусків на механічну обробку (за ГОСТ 26645-85)					
Вибір класу точності відливки	7				
Вибір ряду припусків	2				
Інтервал номінальних розмірів	більше	100	до	160	
Основний допуск, мм	1,2				
Клас точності розмірів відливки	7	Основний припуск, мм, при точності	Розмір заготовки		
Квалітет точності розмірів деталі, отриманої мех. обробкою відливок	IT11 і гірше	3,2	111,8	+	1,2
	IT9 - IT10	4,8	110,2	+	1,2
Розмір деталі 115					
Студент	Матіїв	Група	ПМ-21-1	Дата	11.05.2025

Таблиця Б.2 – Допуски на розміри відливки та припуски на механічну обробку

№ поверхні	Розмір деталі, мм	Клас точності розмірів відливки	Основний припуск, мм	Розмір заготовки, мм
3,4	∅70H7	7	3,2	66,8 + 1,1
5,6	410h14	8	5,6	415,6± 2,2
9,10	84H14	8	4	80± 1,4
11,12	280h14	8	4,8	284,8±2

<i>Технологическая карта обработки на станках с ЧПУ</i>	<i>Наименование детали</i>		<i>материал</i>		<i>Тип заготовки</i>		<i>Модель станка</i>	
	<i>Важіль КТ8041.31.101</i>		<i>Сірий чавун</i>		<i>Відливка</i>		<i>2P135Ф2</i>	
	<i>Наименование операции</i>		<i>№ операции</i>		<i>Цех-изгот</i>		<i>Вид охлаждения</i>	
	<i>Вертикально-свердлильна</i>		<i>015</i>				<i>Без охолодження</i>	



<i>Инструм</i>	<i>N</i>	<i>длина</i>	<i>Диам</i>	<i>N к дл</i>	<i>N к рад</i>	<i>S об/мм</i>	<i>F мм/мин</i>	<i>T мин</i>
<i>Центр.</i>	<i>1</i>	<i>100,000</i>	<i>2</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1440</i>	<i>4303</i>	<i>0,02</i>
<i>Сверло</i>	<i>2</i>	<i>100,000</i>	<i>8</i>	<i>2</i>	<i>2</i>	<i>1440</i>	<i>403</i>	<i>0,099</i>
<i>Розвер</i>	<i>3</i>	<i>100,000</i>	<i>8,5</i>	<i>3</i>	<i>3</i>	<i>180</i>	<i>36</i>	<i>0,19</i>
<i>метчик</i>	<i>4</i>	<i>100,000</i>	<i>10</i>	<i>4</i>	<i>4</i>	<i>180</i>	<i>270</i>	

<i>Розроботал</i>	<i>Матіів</i>	<i>Проверил</i>	<i>Одосій</i>	<i>Утвердил</i>	<i>Одосій</i>	<i>Изменения № приказа дата</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
	<i>27.05.2025</i>							<i>1</i>

Додаток В

```

100 ; -----
101 ; NO.| ID      | DIA.| TIP RAD| LENGTH
102 ; -----
103 ; 2|РізецьЧорн80|   | 0.0 |
104 ; -----
0.00 BEGIN PGM 20 MM
105 ; PROGRAM NAME : 20
106 ; PART NAME    : Важіль
107 ; PROGRAM DATE : 2025-05-27 - 14:34:44
108 ; PROGRAMMED BY : ADMIN
109 ; POWERMILL CB : 2024019.0
110 ; POST VER     : 2024.0.0.5142
111 ; OPTION FILE  : HEIDENHAINMOD
112 ; OUTPUT WORKPLANE : 1
113 ;
114 ; -----
115 ; NO.| ID      | DIA.| TIP RAD| LENGTH
116 ; -----
117 ; 2|РізецьЧорн80|   | 0.0 |
118 ; -----
119 ;
120 ; NUMBER OF TOOLPATHS: 1.0
121 ; ESTIMATED PROGRAM DURATION: 0 HOURS 0 MIN 40 SEC
122 ;
123 BLK FORM 0.1 Z X-411.3001 Y-144.4498 Z-100.0
124 BLK FORM 0.2 X4.2999 Y144.4498 Z361.5
125 ;
126 CYCL DEF 247 DATUM SETTING~
    Q339=+1; DATUM NUMBER
127 L M140 MBMAX FMAX
128 ; -----
129 ; START TOOLPATH : РозточОтвЧор1
130 ; -----
131 ; PARAMETRIC FEEDRATE DEFINITION
132   Q1=500; PLUNGE FEED RATE
133   Q2=1000; CUTTING FEED RATE
134   Q3=3000; SKIM FEED RATE
135 ; FMAX USED FOR RAPID
136 ;
137 ; TOOL NO.   :2
138 ; TOOL TYPE :
139 ; TOOL ID   : РізецьЧорн80
140 ; TOOL DIA  : 0.0 LENGTH 0.0
141 ;
142 TOOL CALL 2 Z S1000 DL+0.0 DR+0.0
143 M03
144 L X-1207.0002 Y0.0 FMAX
145 L Z-100.0 FMAX
146 M08
147 CYCL DEF 32.0 TOLERANCE
148 CYCL DEF 32.1 T0.1
149 CYCL DEF 32.2 HSC-MODE:1 TA2
150 L X-1023.2634 Y-49.4212 R0 FQ3

```

151 L Y-51.4212 F0.2
152 L X-807.0002
153 L Y-49.75
154 L X-809.8286 Y-48.3358
155 L X-1023.2634 FQ3
156 L Y-51.0924
157 L Y-53.0924 F0.2
158 L X-807.0003
159 L X-807.0002 Y-51.4212
160 L X-809.8287 Y-50.007
161 L X-1023.2634 FQ3
162 L Y-52.7636
163 L Y-54.7636 F0.2
164 L X-807.0003
165 L Y-53.0924
166 L X-809.8287 Y-51.6782
167 L X-1023.2634 FQ3
168 L Y-54.4348
169 L Y-56.4348 F0.2
170 L X-1015.3077
171 L X-1014.6802 Y-56.2976
172 L X-1014.0017 Y-56.2506
173 L X-807.0004 Y-56.243
174 L X-807.0003 Y-54.7636
175 L X-809.8288 Y-53.3494
176 L X-1023.2634 FQ3
177 L Y-56.1061
178 L Y-58.1061 F0.2
179 L X-1018.7634
180 L X-1015.7646 Y-56.6145
181 L X-1015.5467 Y-56.518
182 L X-1015.3077 Y-56.4348
183 L X-1018.1362 Y-55.0206
184 L X-1207.0002 Y0.0 FQ3
185 ; -----
186 ; END TOOLPATH : РозточОтвЧор1
187 ; -----
188 M09
189 M05
190 L M140 MBMAX FMAX
191 CYCL DEF 32.0 TOLERANCE
192 CYCL DEF 32.1
193 CYCL DEF 32.2
194 M30
195 END PGM 20 MM

100 ; -----
101 ; NO.| ID | DIA.| TIP RAD| LENGTH
102 ; -----
103 ; 3|РізецьЧист35| | 0.0 |
104 ; -----
0.00 BEGIN PGM 21 MM
105 ; PROGRAM NAME : 21

106 ; PART NAME : Важіль
107 ; PROGRAM DATE : 2025-05-27 - 14:34:47
108 ; PROGRAMMED BY : ADMIN
109 ; POWERMILL CB : 2024019.0
110 ; POST VER : 2024.0.0.5142
111 ; OPTION FILE : HEIDENHAINMOD
112 ; OUTPUT WORKPLANE : 1
113 ;
114 ; -----
115 ; NO.| ID | DIA.| TIP RAD| LENGTH
116 ; -----
117 ; 3|РізецьЧист35| | 0.0 |
118 ; -----
119 ;
120 ; NUMBER OF TOOLPATHS: 1.0
121 ; ESTIMATED PROGRAM DURATION: 0 HOURS 0 MIN 13 SEC
122 ;
123 BLK FORM 0.1 Z X-411.3001 Y-144.4498 Z-100.0
124 BLK FORM 0.2 X4.2999 Y144.4498 Z361.5
125 ;
126 CYCL DEF 247 DATUM SETTING~
Q339=+1; DATUM NUMBER
127 L M140 MBMAX FMAX
128 ; -----
129 ; START TOOLPATH : РозточОтвЧист1
130 ; -----
131 ; PARAMETRIC FEEDRATE DEFINITION
132 Q1=500; PLUNGE FEED RATE
133 Q2=1000; CUTTING FEED RATE
134 Q3=3000; SKIM FEED RATE
135 ; FMAX USED FOR RAPID
136 ;
137 ; TOOL NO. :3
138 ; TOOL TYPE :
139 ; TOOL ID : РізецьЧист35
140 ; TOOL DIA : 0.0 LENGTH 0.0
141 ;
142 TOOL CALL 3 Z S1000 DL+0.0 DR+0.0
143 M03
144 L X-1207.0002 Y0.0 FMAX
145 L Z-100.0 FMAX
146 M08
147 CYCL DEF 32.0 TOLERANCE
148 CYCL DEF 32.1 T0.1
149 CYCL DEF 32.2 HSC-MODE:1 TA2
150 L X-1020.1886 Y-60.2255 R0 FQ3
151 L X-1017.3528 Y-58.815 F0.2
152 L X-1014.3541 Y-57.3234
153 L X-1014.1922 Y-57.2696
154 L X-1014.0015 Y-57.2506
155 L X-807.0002 Y-57.243
156 L X-803.1366 Y-56.7252
157 L X-1207.0002 Y0.0 FQ3
158 ; -----

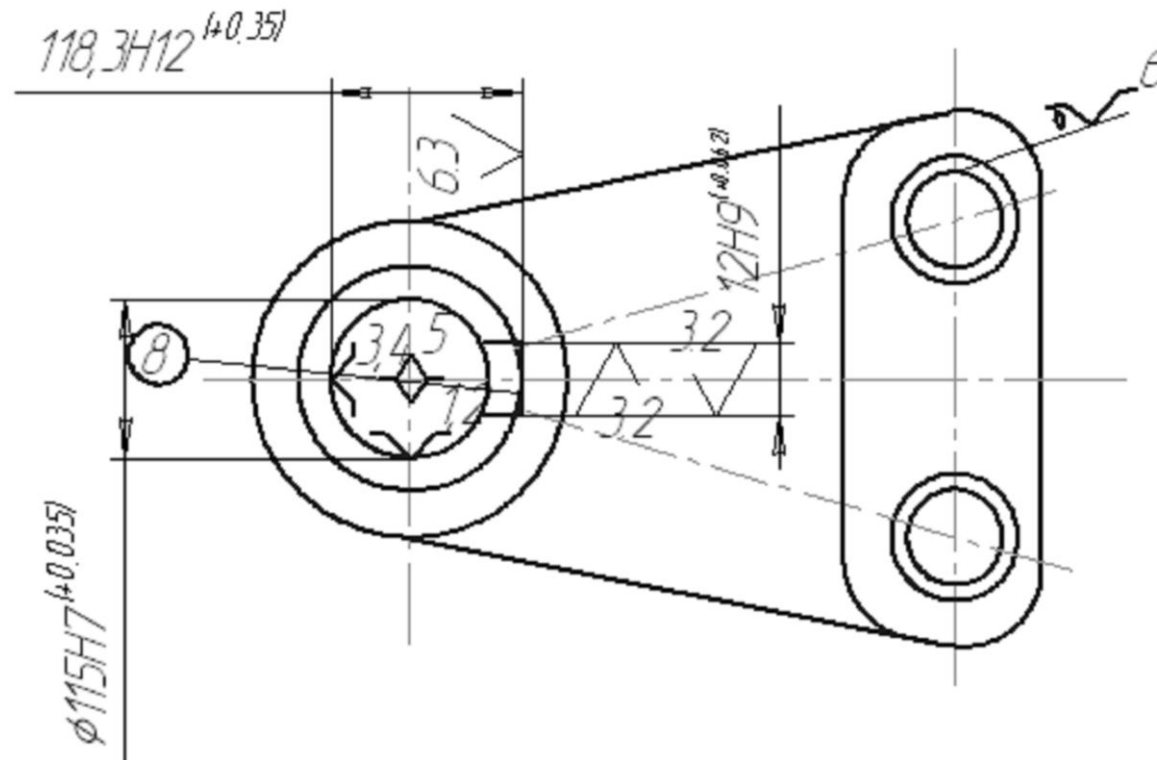
159 ; END TOOLPATH : РозточОтвЧист1
160 ; -----
161 M09
162 M05
163 L M140 MBMAX FMAX
164 CYCL DEF 32.0 TOLERANCE
165 CYCL DEF 32.1
166 CYCL DEF 32.2
167 M30
168 END PGM 21 MM

100 ; -----
101 ; NO.| ID | DIA.| TIP RAD| LENGTH
102 ; -----
103 ; 3|COROMILL_PLURA(2S344-2000-250CTD)|30.0 | 2.5 | 300.0
104 ; -----
0.00 BEGIN PGM 30 MM
105 ; PROGRAM NAME : 30
106 ; PART NAME : Важіль
107 ; PROGRAM DATE : 2025-05-27 - 14:37:07
108 ; PROGRAMMED BY : ADMIN
109 ; POWERMILL CB : 2024019.0
110 ; POST VER : 2024.0.0.5142
111 ; OPTION FILE : HEIDENHAINMOD
112 ; OUTPUT WORKPLANE : 1
113 ;
114 ; -----
115 ; NO.| ID | DIA.| TIP RAD| LENGTH
116 ; -----
117 ; 3|COROMILL_PLURA(2S344-2000-250CTD)|30.0 | 2.5 | 300.0
118 ; -----
119 ;
120 ; NUMBER OF TOOLPATHS: 1.0
121 ; ESTIMATED PROGRAM DURATION: 0 HOURS 1 MIN 6 SEC
122 ;
123 BLK FORM 0.1 Z X-411.3001 Y-144.4498 Z-100.0
124 BLK FORM 0.2 X4.2999 Y144.4498 Z361.5
125 ;
126 CYCL DEF 247 DATUM SETTING~
Q339=+1; DATUM NUMBER
127 L M140 MBMAX FMAX
128 ; -----
129 ; START TOOLPATH : Паз
130 ; -----
131 ; PARAMETRIC FEEDRATE DEFINITION
132 Q1=500; PLUNGE FEED RATE
133 Q2=1000; CUTTING FEED RATE
134 Q3=3000; SKIM FEED RATE
135 ; FMAX USED FOR RAPID
136 ;
137 ; TOOL NO. :3
138 ; TOOL TYPE : TIPRADIUSED
139 ; TOOL ID : COROMILL_PLURA(2S344-2000-250CTD)

140 ; TOOL DIA : 30.0 LENGTH 300.0
141 ;
142 TOOL CALL 3 Z S1500 DL+0.0 DR+0.0
143 M03
144 L X-205.0 Y0.0 FMAX
145 L Z370.0 FMAX
146 M08
147 CYCL DEF 32.0 TOLERANCE
148 CYCL DEF 32.1 T0.1
149 CYCL DEF 32.2 HSC-MODE:1 TA2
150 L Z215.0 R0 FQ3
151 L X-229.7053 Y135.2332
152 L Z220.0 FQ1
153 CC X-228.6448 Y134.1726
154 C X-230.1446 Y134.1726 DR+ FQ2
155 L Y130.6133
156 L Z215.0 FQ3
157 L Y-130.6491
158 L Z347.255
159 L Z220.0 FQ1
160 L Y-134.5837 FQ2
161 CC X-228.6447 Y-134.5837
162 C X-228.6446 Y-136.0837 DR+
163 L X-177.7778
164 CC X-177.7778 Y-134.5837
165 C X-176.2778 Y-134.5837 DR+
166 L Y-132.8434
167 L Z215.0 FQ3
168 L Y132.8767
169 L Z346.1544
170 L Z220.0 FQ1
171 L Y134.1726 FQ2
172 CC X-177.7778 Y134.1726
173 C X-177.7778 Y135.6726 DR+
174 L X-228.6446
175 CC X-228.6447 Y134.1727
176 C X-229.7053 Y135.2332 DR+
177 L Z215.0 FQ3
178 L X-220.0 Y0.0
179 L Z375.0
180 L Z370.0
181 ; -----
182 ; END TOOLPATH : Паз
183 ; -----
184 M09
185 M05
186 L M140 MBMAX FMAX
187 CYCL DEF 32.0 TOLERANCE
188 CYCL DEF 32.1
189 CYCL DEF 32.2
190 M30
191 END PGM 30 MM

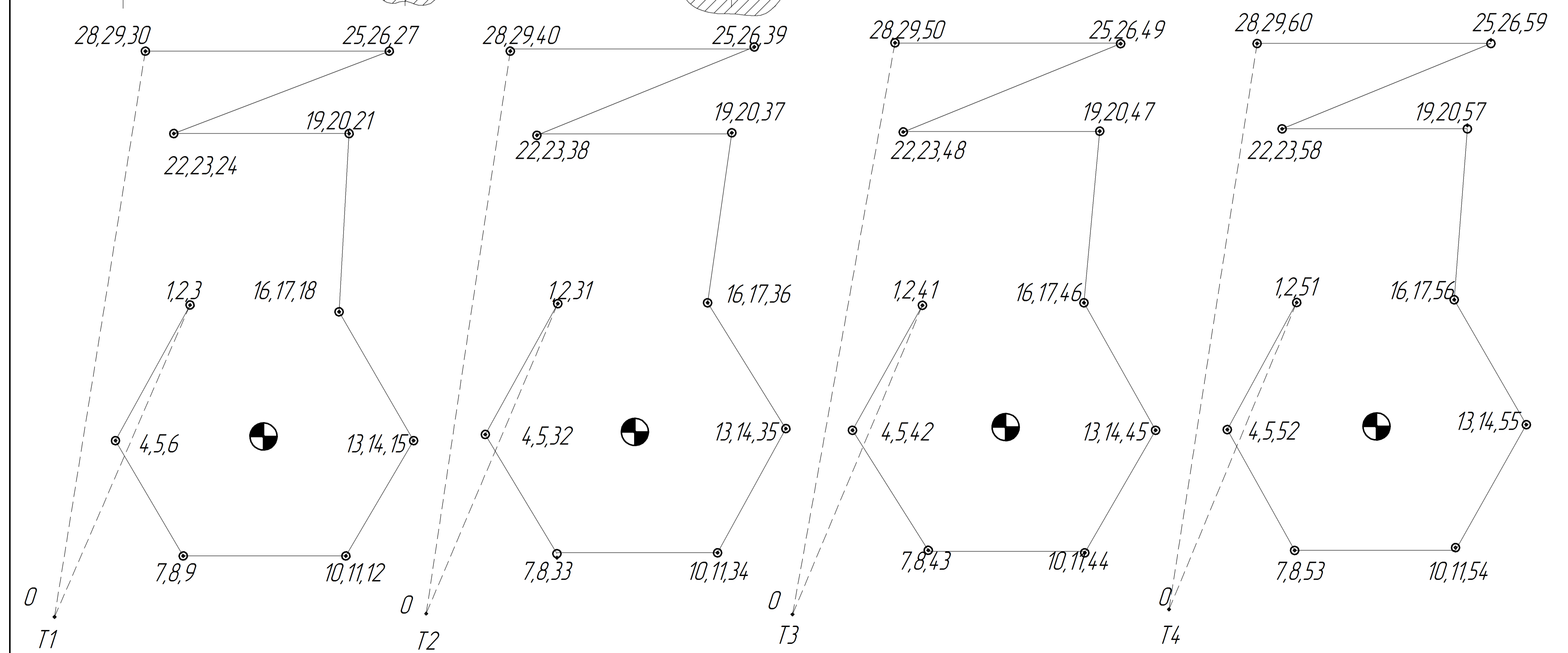
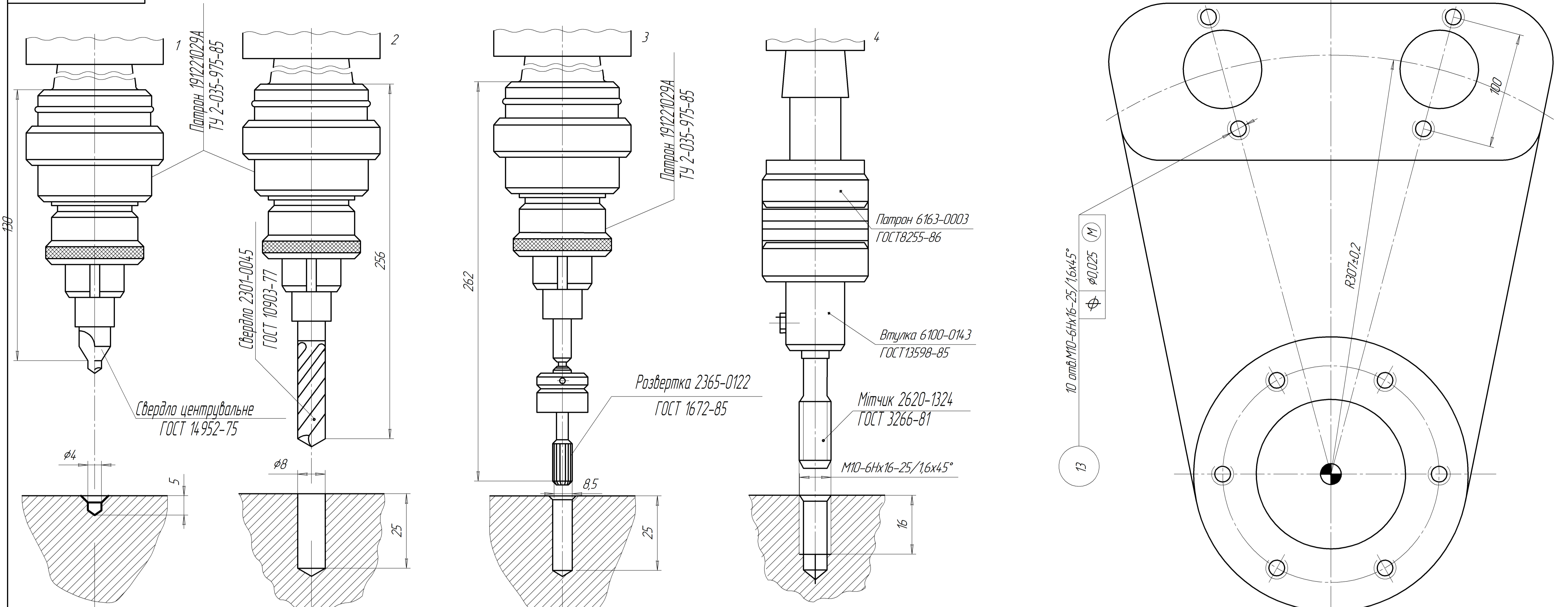
Дубл.										
Взамін.										
Підпис								Зм	Ар	№ док.
									Підпис	Дата

Розробив	Матіє			І Ф Н Т У Н Г	КТ - 8041.31.101	20240.01501		
Перевірів	Одосій							
Н. контр.	Одосій			Важіль			Н	015

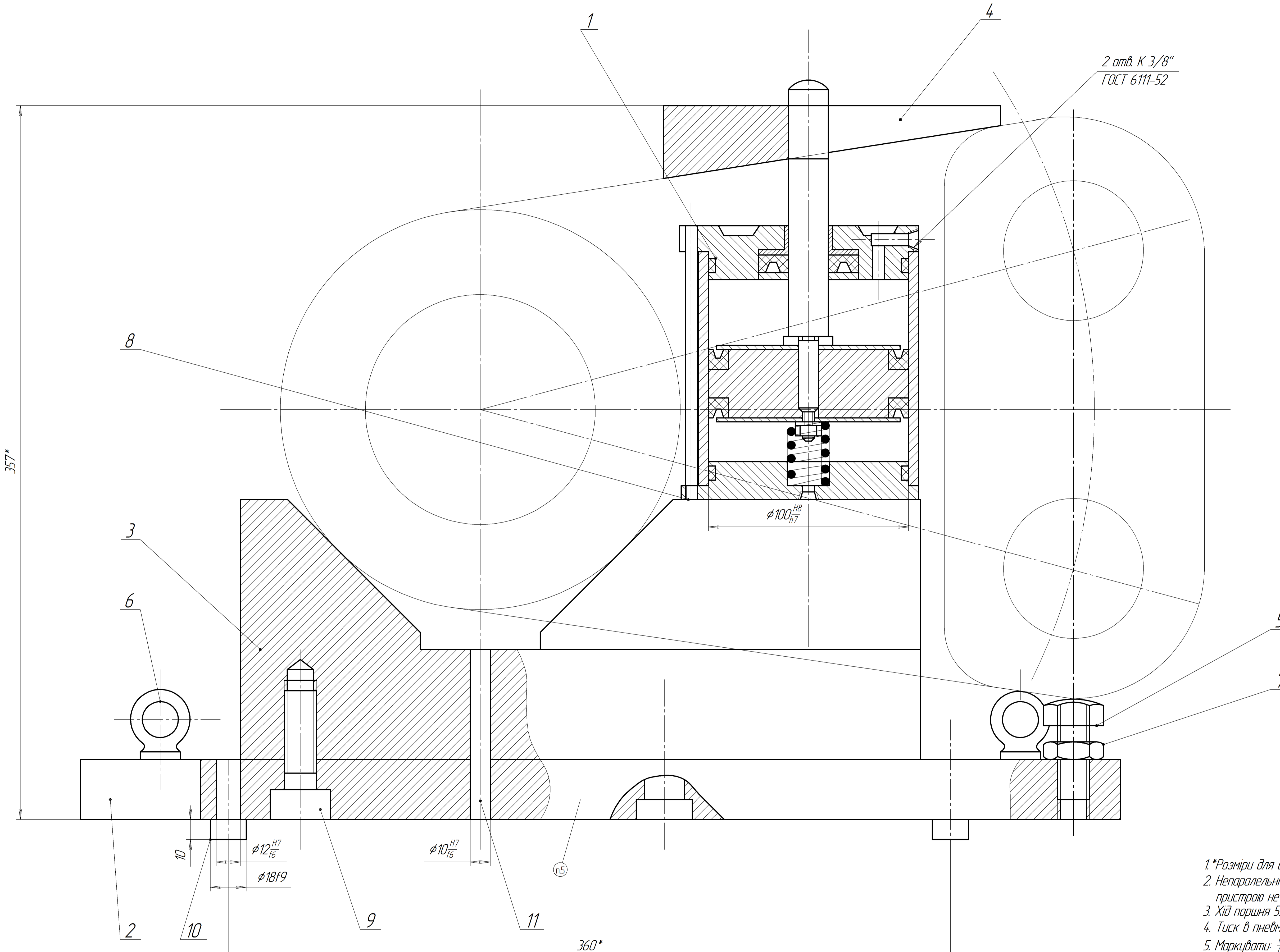


Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Примітка
				<u>Документація</u>		
A1			БР.ПМ-043.02.00.000 СК	Складальне креслення		
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1	БР.ПМ-043.02.01.000	Пневмоциліндр	1	
				<u>Деталі</u>		
		2	БР.ПМ-043.02.00.001	Плита	1	
		3	БР.ПМ-043.02.00.002	Призма	1	
		4	БР.ПМ-043.02.00.003	Швидкозмінна шайба	1	
		5	БР.ПМ-043.02.00.004	Опора	2	
		6	БР.ПМ-043.02.00.005	Рим-болт	2	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		7		Гайка М16-6Н.5		
				ГОСТ 5915-70	2	
		8		Гвинт М5-6g×20.48		
				ГОСТ 1491-80	6	
		9		Гвинт М16-6g×50.66.05		
				ГОСТ11738-84	4	

БР.ПМ-043.02.00.000 ПЗ					
Зм.	Арк	Недокум	Підпис	Дата	
Розробив	Матіїв				
Перевір.	Одосій				
Н.контр.	Одосій				
Реценз.					
Затв.	Панчук				
Пристрій розточний (оп. №005)			Літ.	Арк	Аркушів
			Н	1	2
			ПМ-21-1		

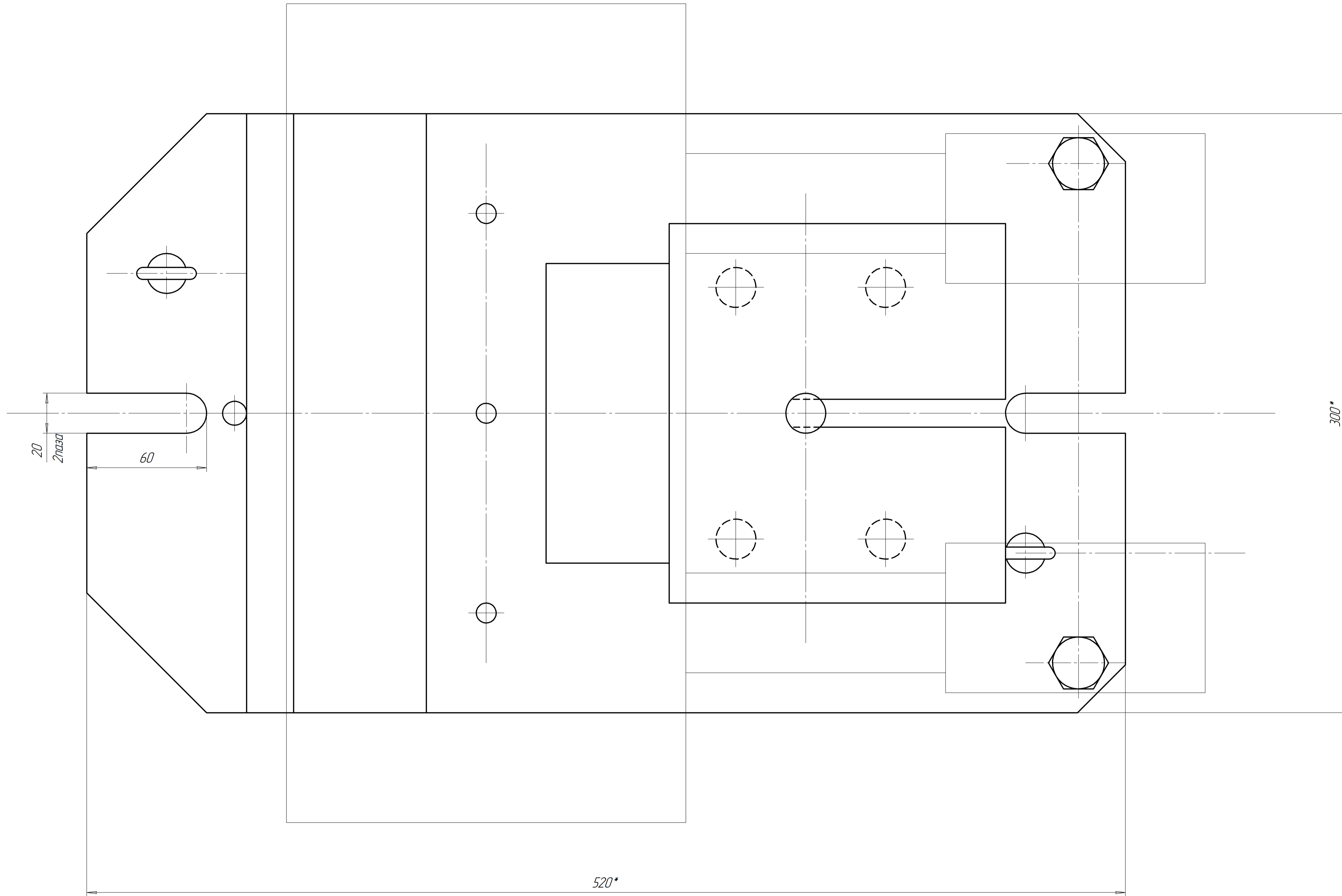


015	4	Нарізати різьбду отві 13	1,5	180	5,7	
	3	Розвернути отвір 13	0,25	0,2	180 4,8	
	2	Свердлити отвір 13	7	0,28	1440 36,2	
	1	Центрувати отвір 13	0,05	1440	20	
		Вертикально-свердильна	t, мм	S _{м/об}	v, хв ⁻¹ V _{м/хв}	
№ операції	Назва операції		Режими різання			
	№ переходи		2Р135Ф2	4 кВт		
	Назва обладнання		Модель	Потужність		
БР.ПМ-04.3.01.00.000СХ						
Карта налагодження			Лист	Маса	Масштаб	
Зм.	Арх.	№ Док.	Підп.	Дата	Н	1:1
Розраб.	Мат				Архив	
Перев.	Одосі				ІФНТУНІ	
Т.контр.	Одосі					
Реценз.	Одосі					
Н.контр.	Одосі					
Затв.	Ланчик					ПМ-21-1

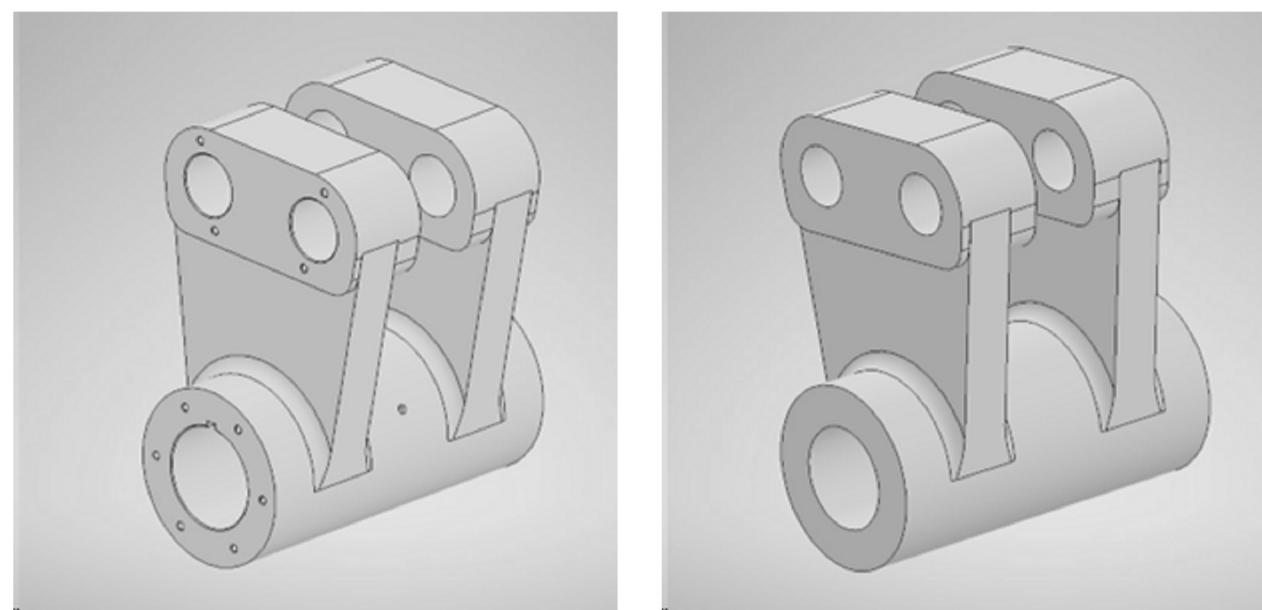


- 1.*Разміри для довідок.
- 2. Непаралельність базуючих поверхнь призми (поз. 2) до основи пристрою не більше 0,1 мм.
- 3. Хід поршня 53 мм.
- 4. Тиск в пневмамагістралі 0,4 МПа.
- 5. Маркувати: БР.ПМ-04.3.02.00.000
005, КТ 804131.101

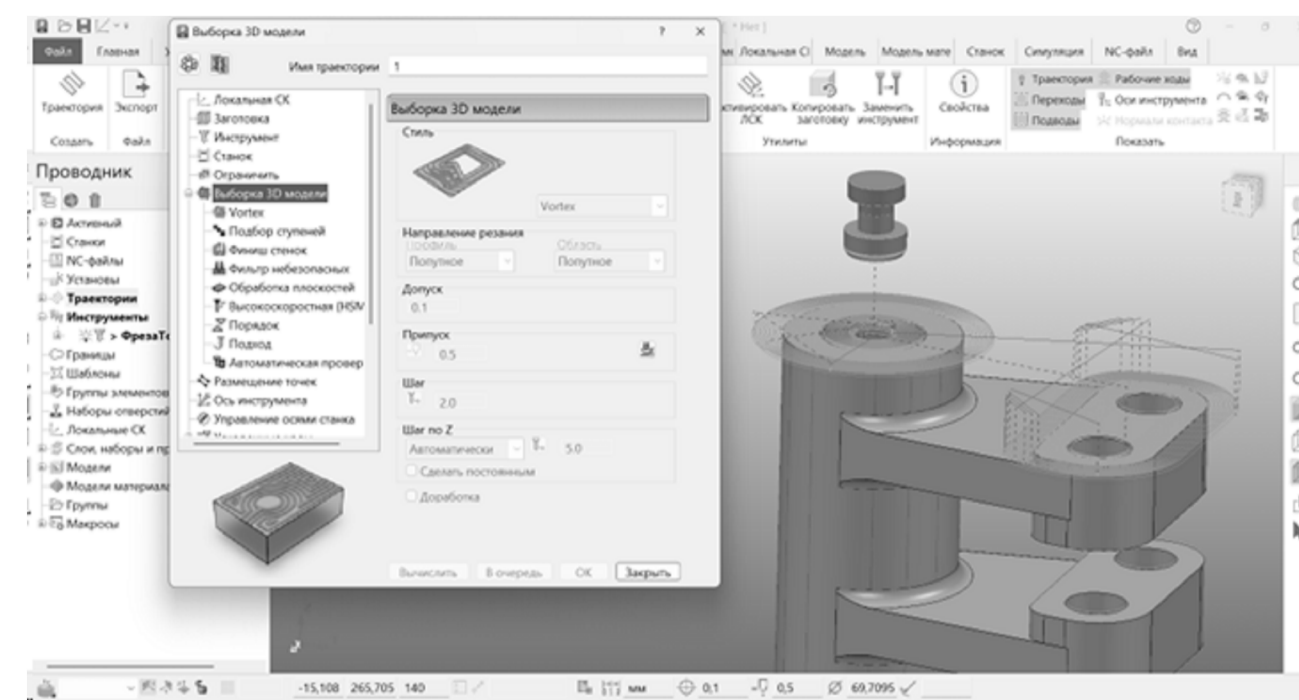
					БР.ПМ-04.3.02.00.000СК					
Зм.	Арк.	№ Доким.	Підп.	Дата	Пристрій розточний на операцію 005			Лит.	Маса	Масштаб
Розроб.	Матій							Н		1:1
Перев.	Одасій				Архив		Архив			
Т.контр.	Одасій				ІФНТУНІ					
Реценз.										
Н.контр.	Одасій									
Затв.	Ланчик							ПМ-21-1		



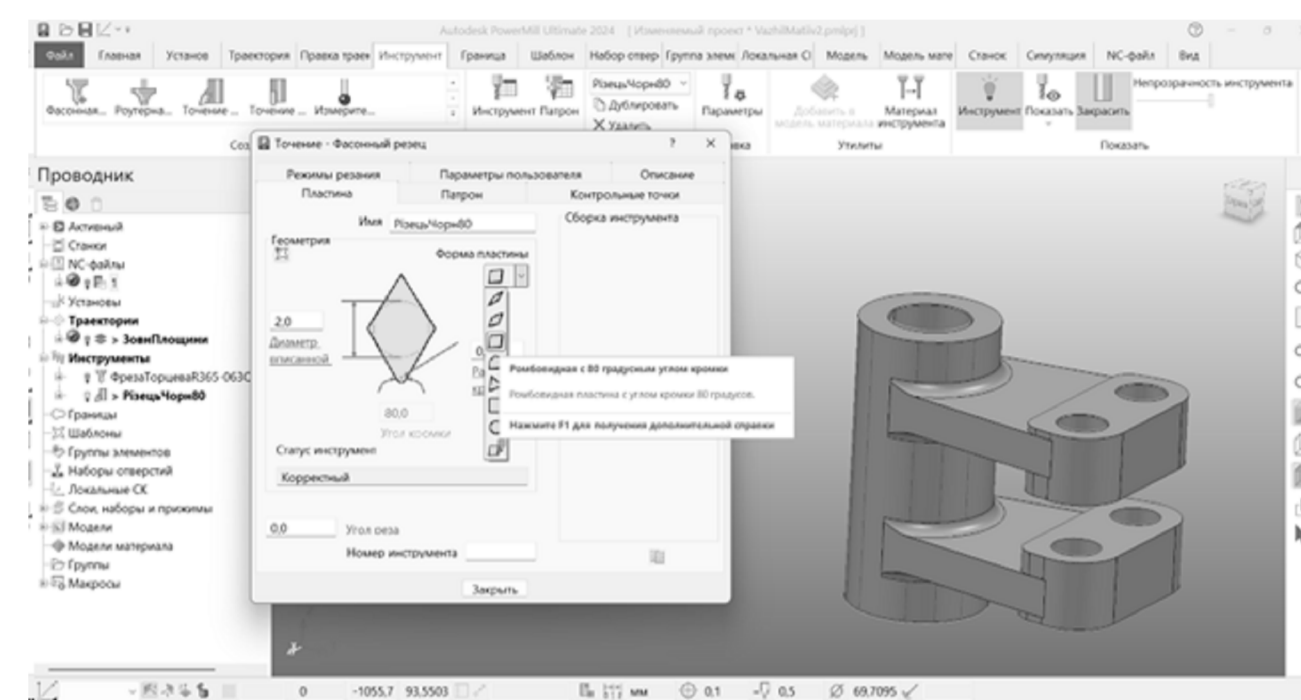
					БР.ПМ-04.3.02.00.000СК		
Эк.	Арх.	№ Док.	Подп.	Дата	Пристрій розточний на операцію 005		
Розроб.	Матюб						
Перев.	Одасі						
Т.контр.	Одасі						
Реценз.							
Н.контр.	Одасі				Лит	Маса	Масштаб
Затв.	Ланчик				Н		1:1
					Архив		Архив
					ІФНТУНІ		
					ПМ-21-1		



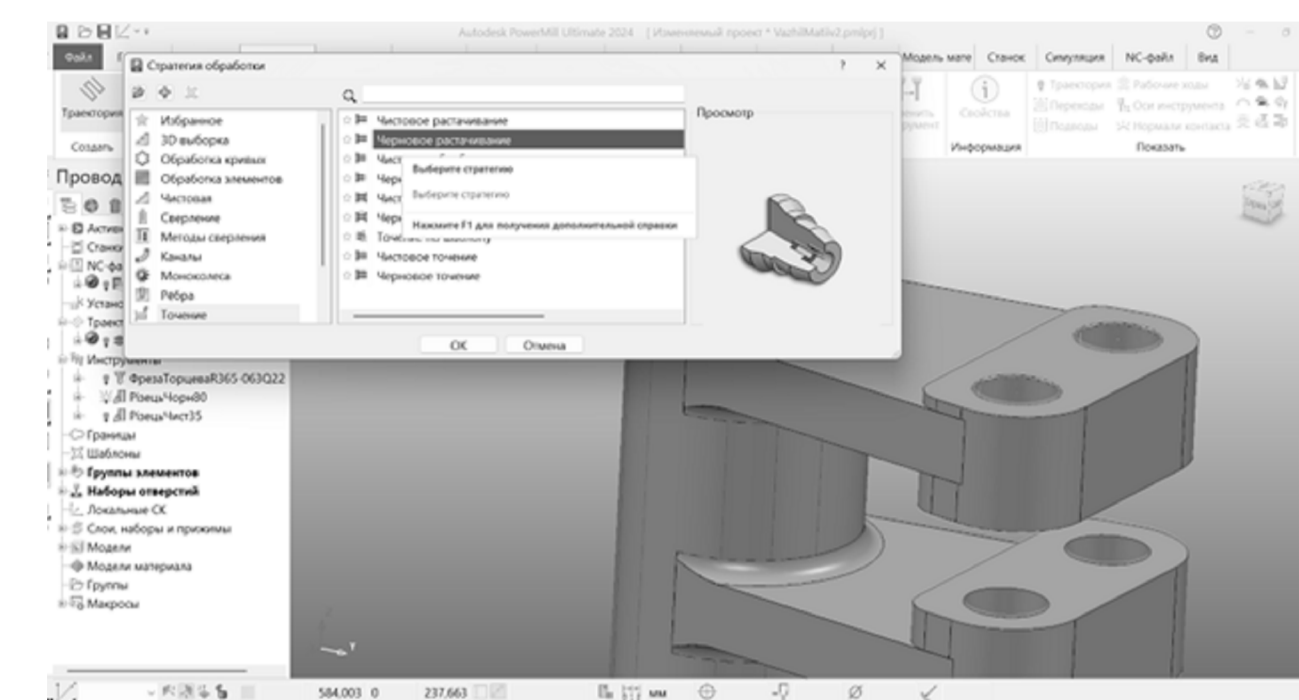
3D-моделі деталі та заготовки



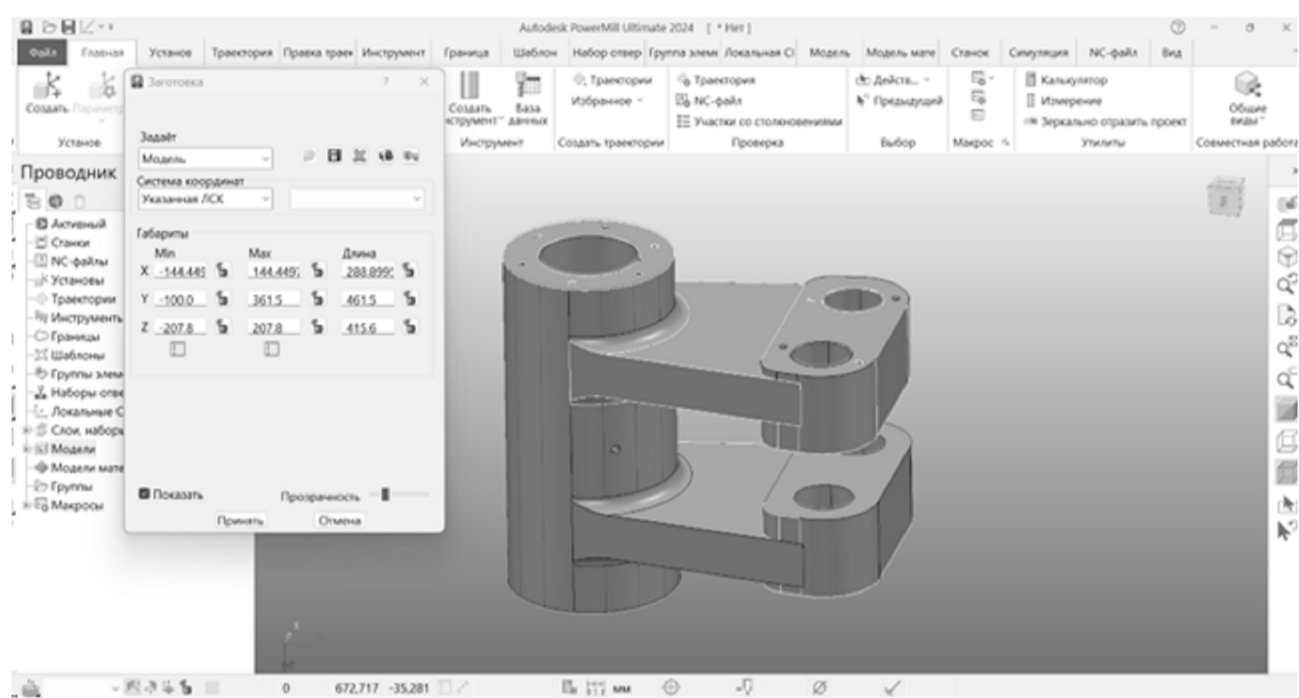
Проектування фрезерування площин



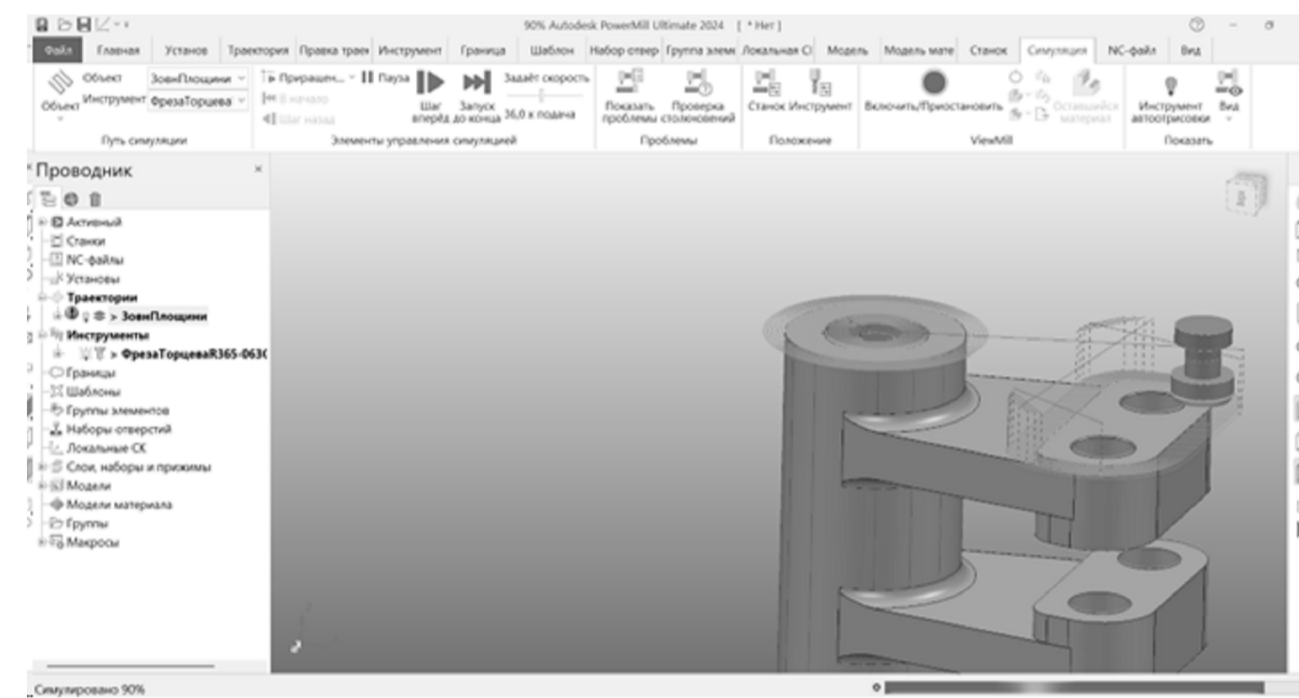
Створення моделі чорнового різця



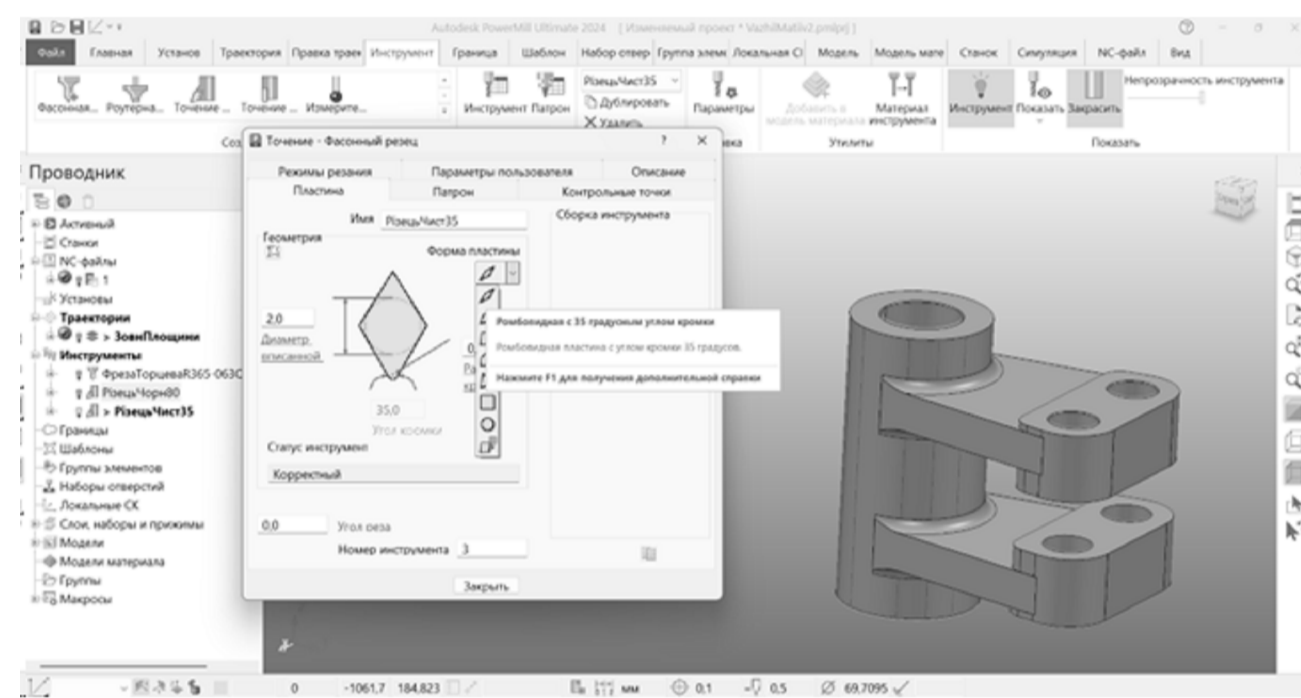
Вибір стратегії обробки



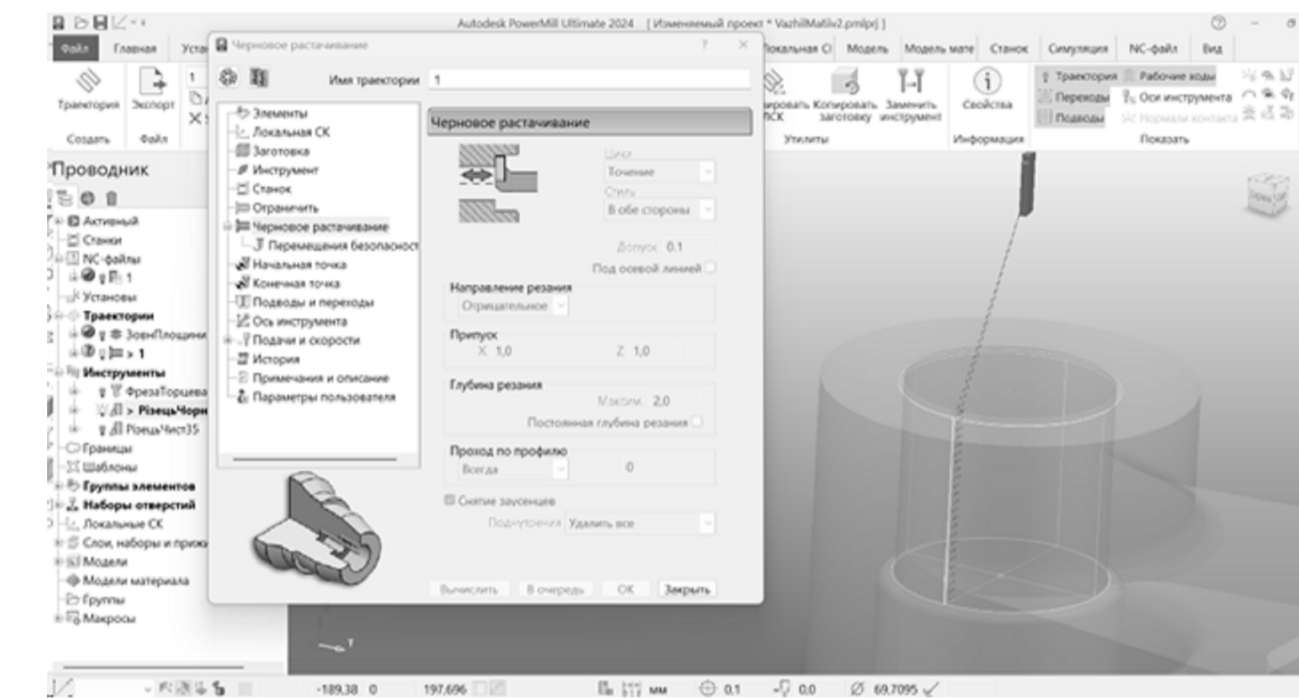
Імпортовані моделі деталі та заготовки



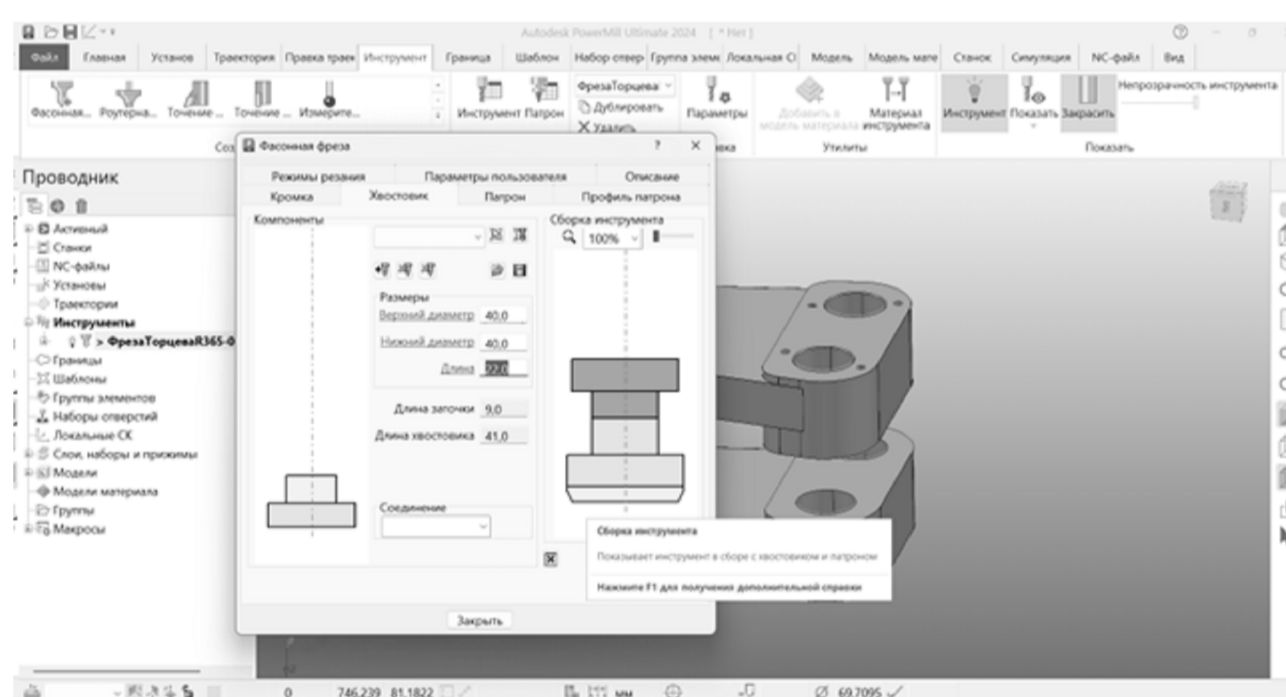
Модельовання фрезерування площин



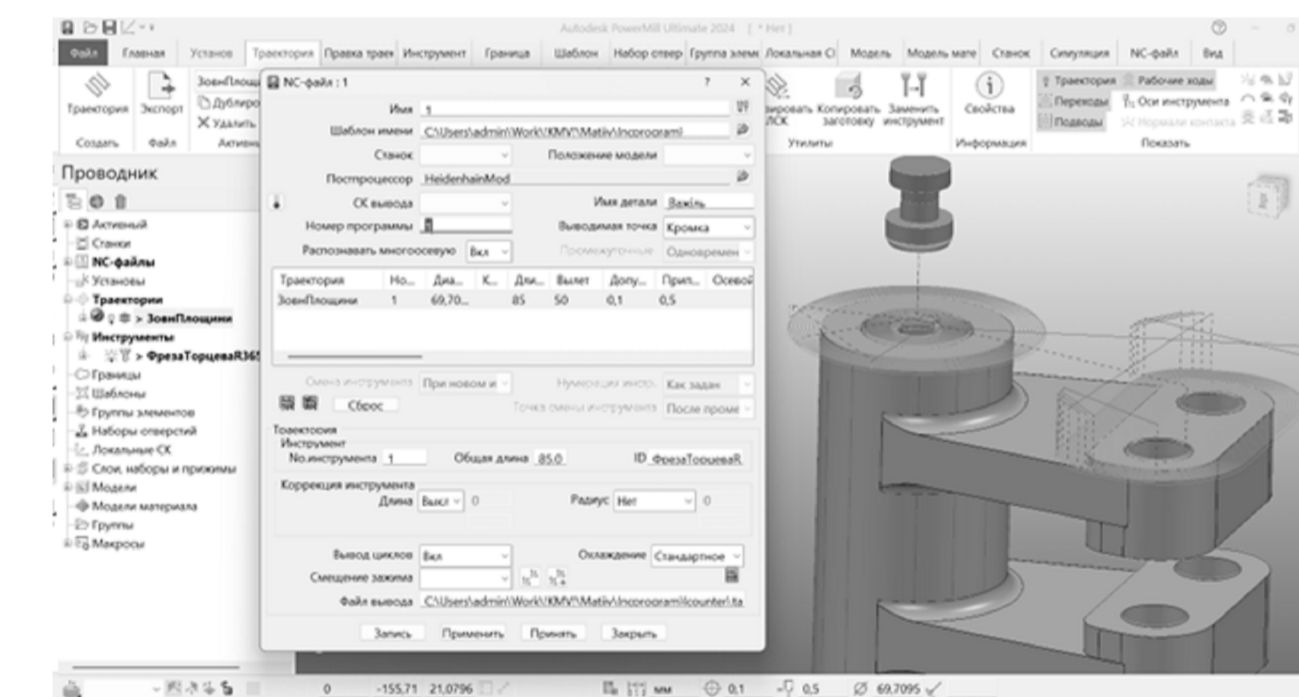
Створення моделі чистового різця



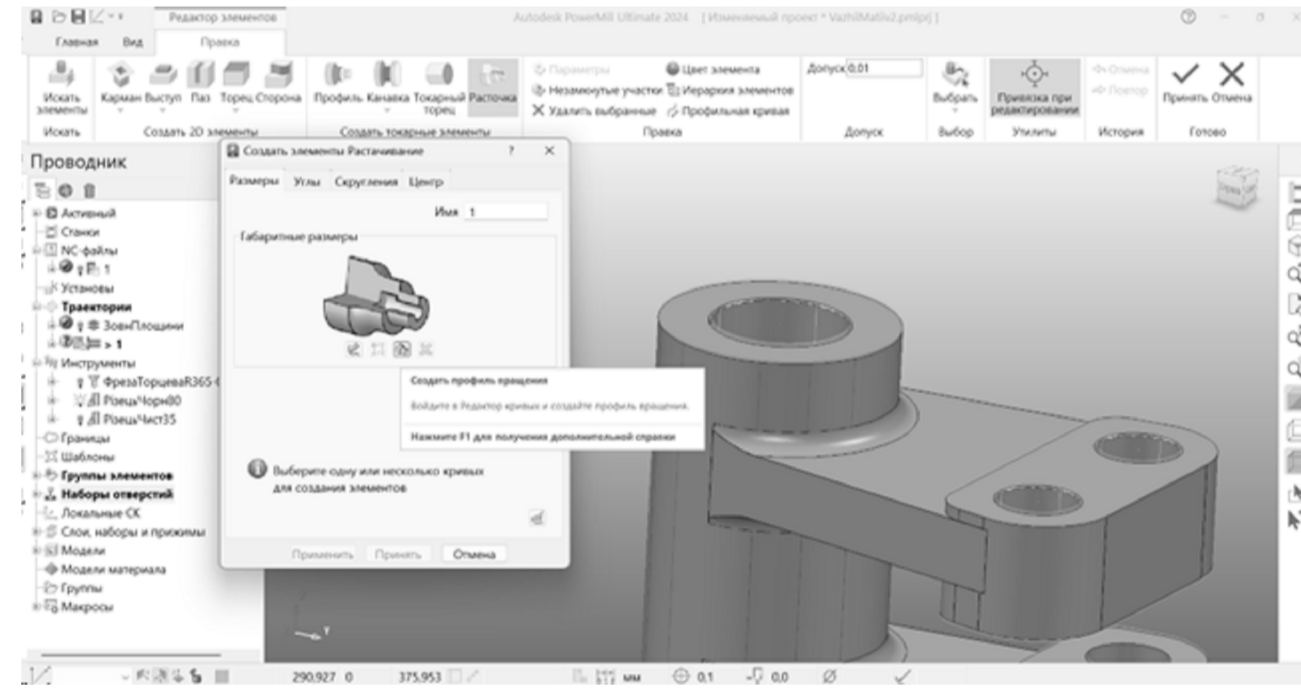
Проектування чорнового розточування



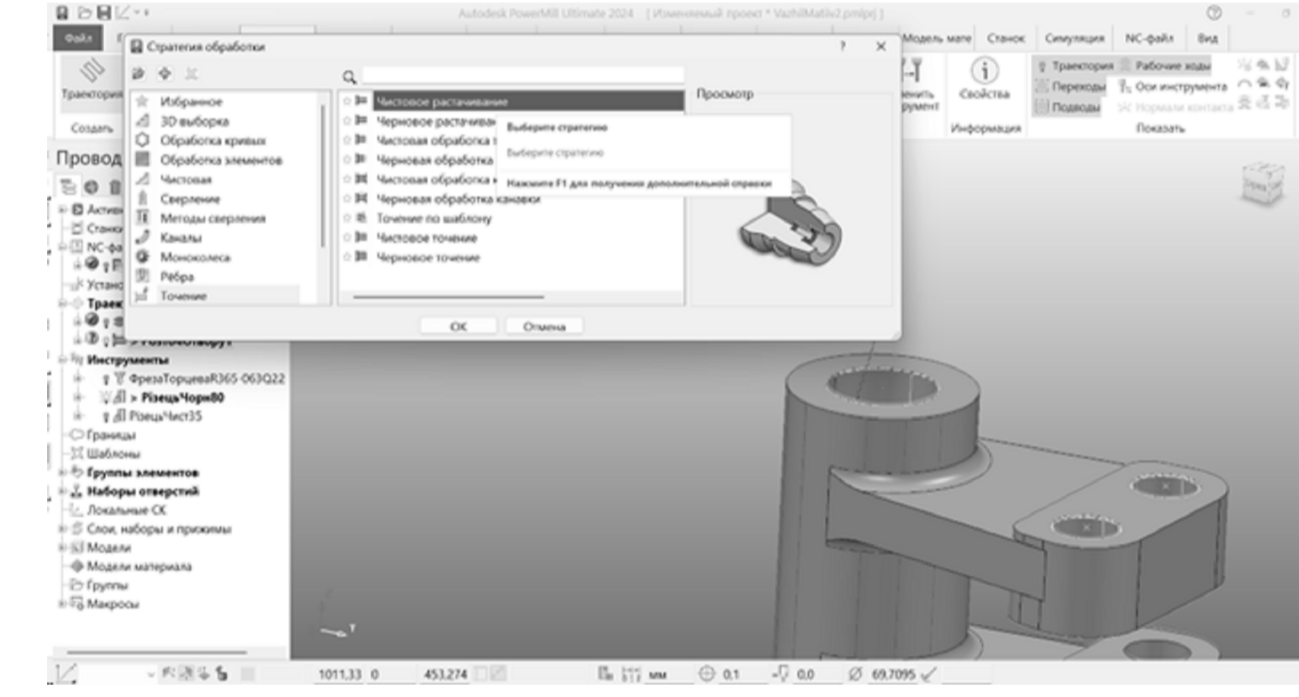
Створення моделі торцевої фрези



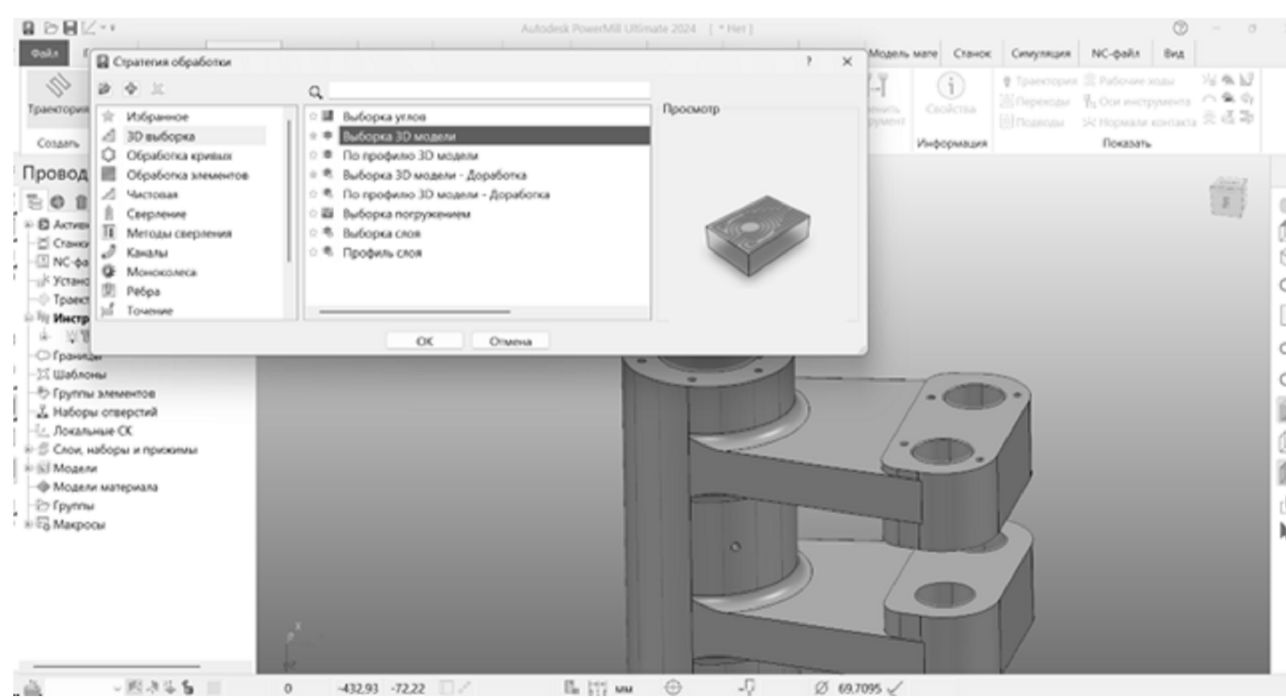
Створення NC-файлу



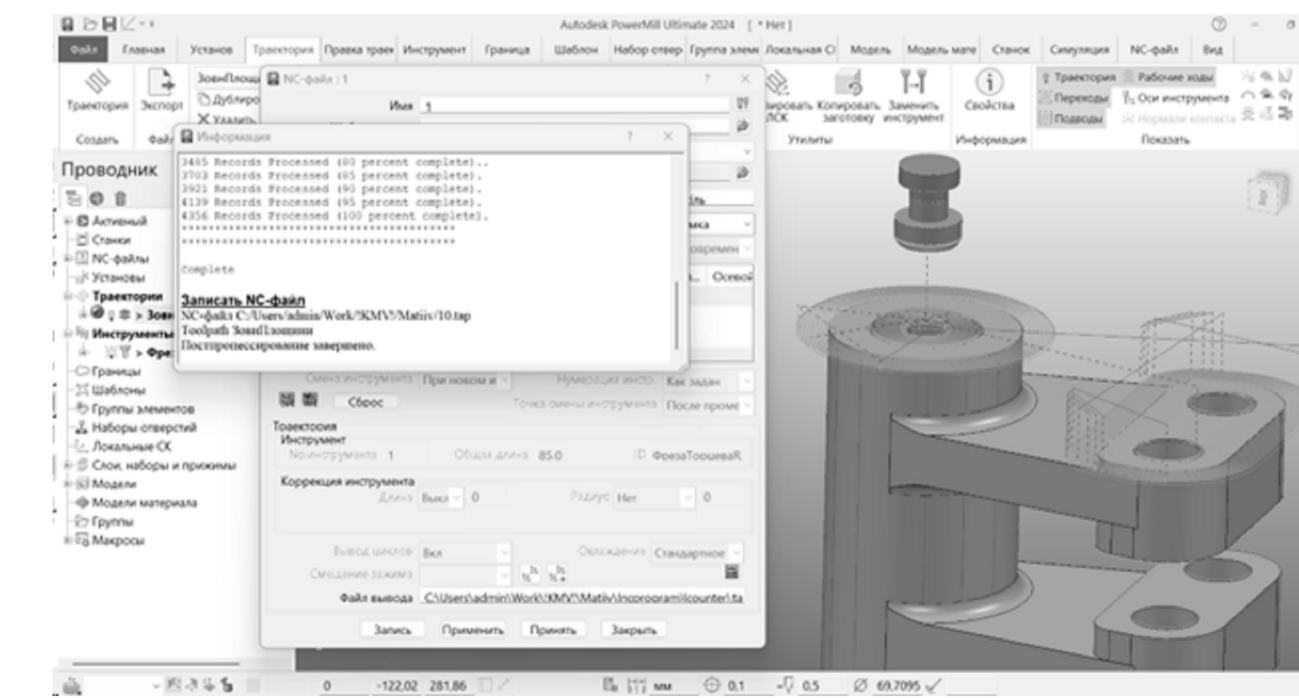
Створення елемента "Розточування"



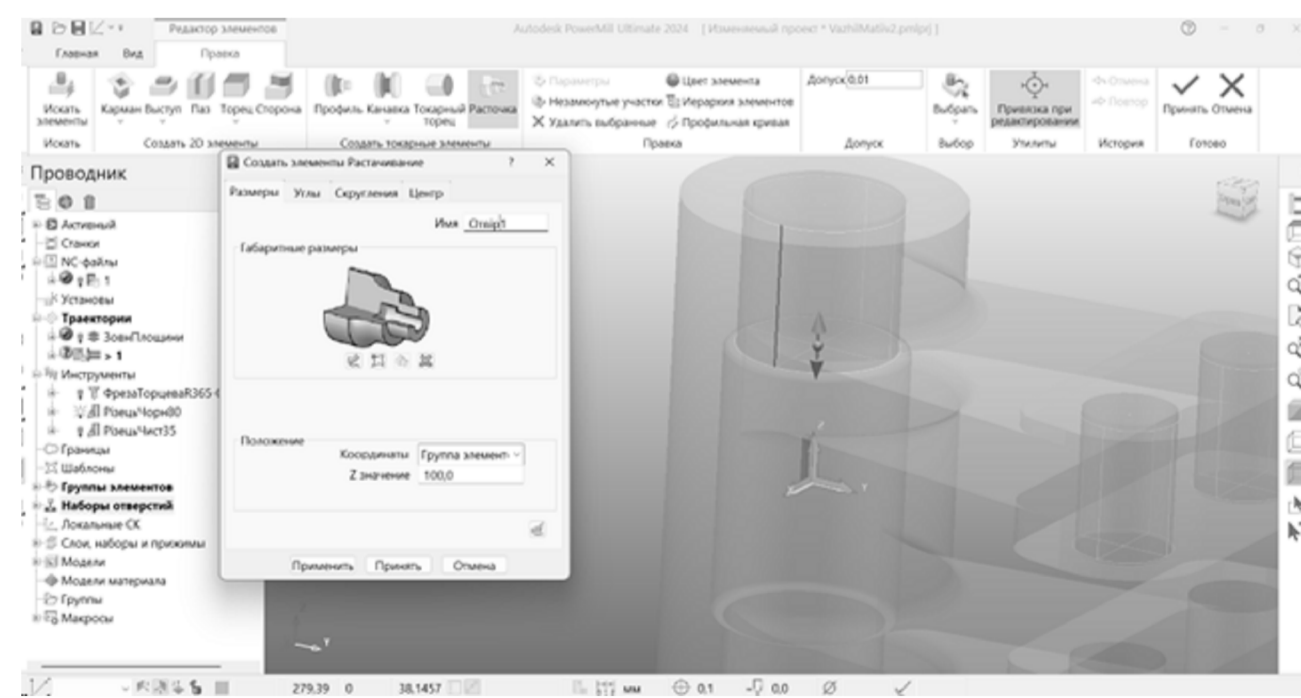
Вибір стратегії обробки



Вибір стратегії обробки



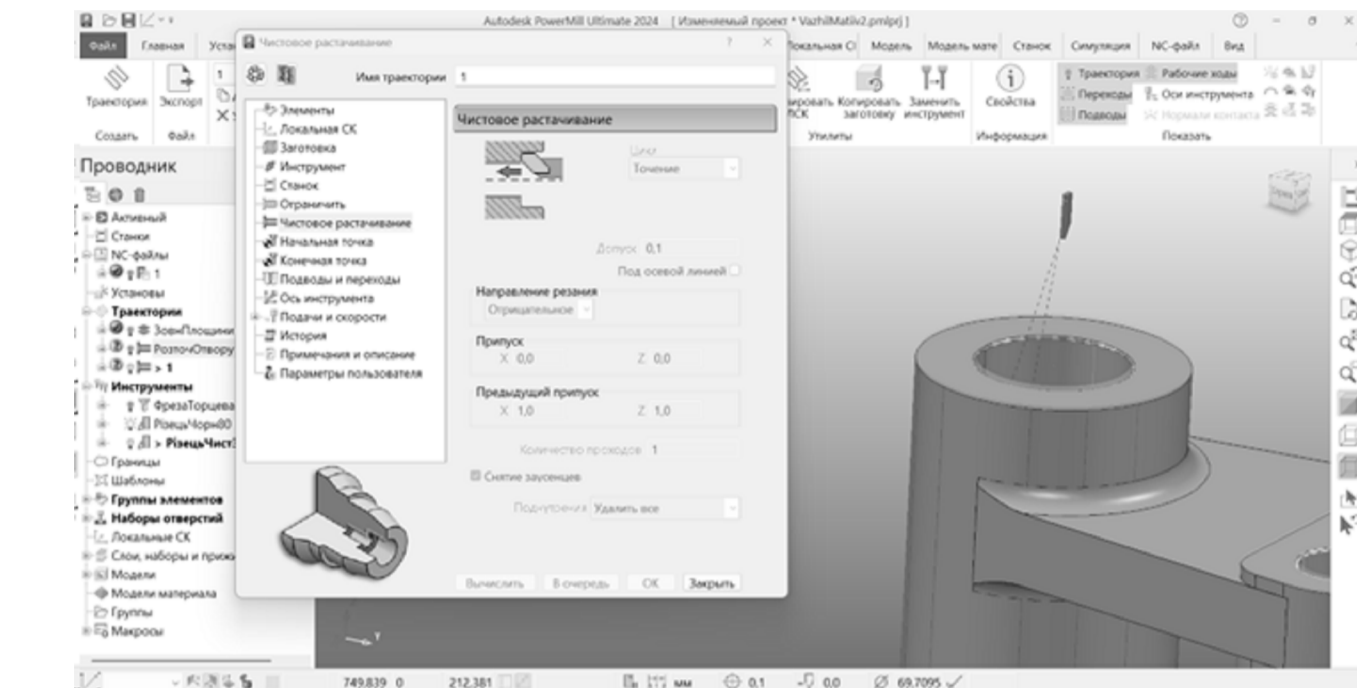
Запис NC-файлу



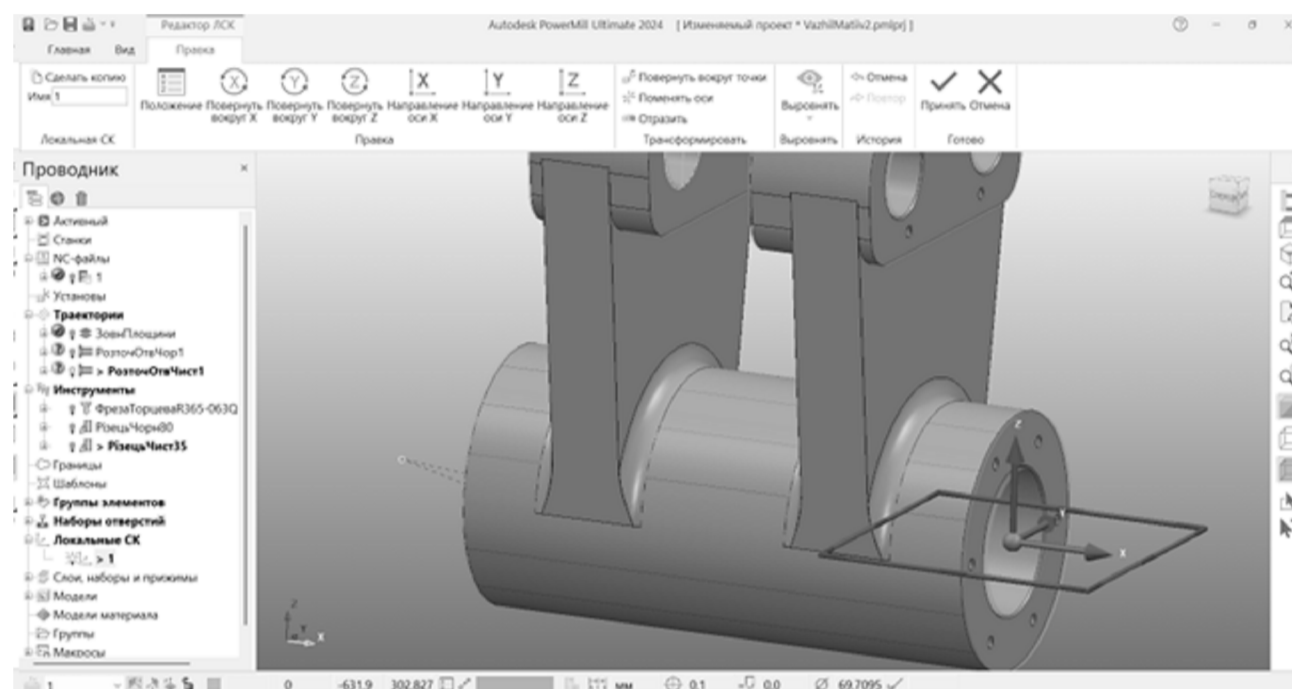
Створення профілю обертання

				БР.ПМ-04.3.03.00.000 СХ				
Зм.	Арх.	№ Докм.	Підп.	Дата	Схеми до керуючої програми з ЧПК	Лит	Маса	Масштаб
Разраб.	Матвій							
Левоб.	Одасій							
Т.контр.	Одасій							
Н.контр.	Одасій							
Затв.	Панчук					Архив	Архив	1
						ІФНТУНГ ПМ-21-1		

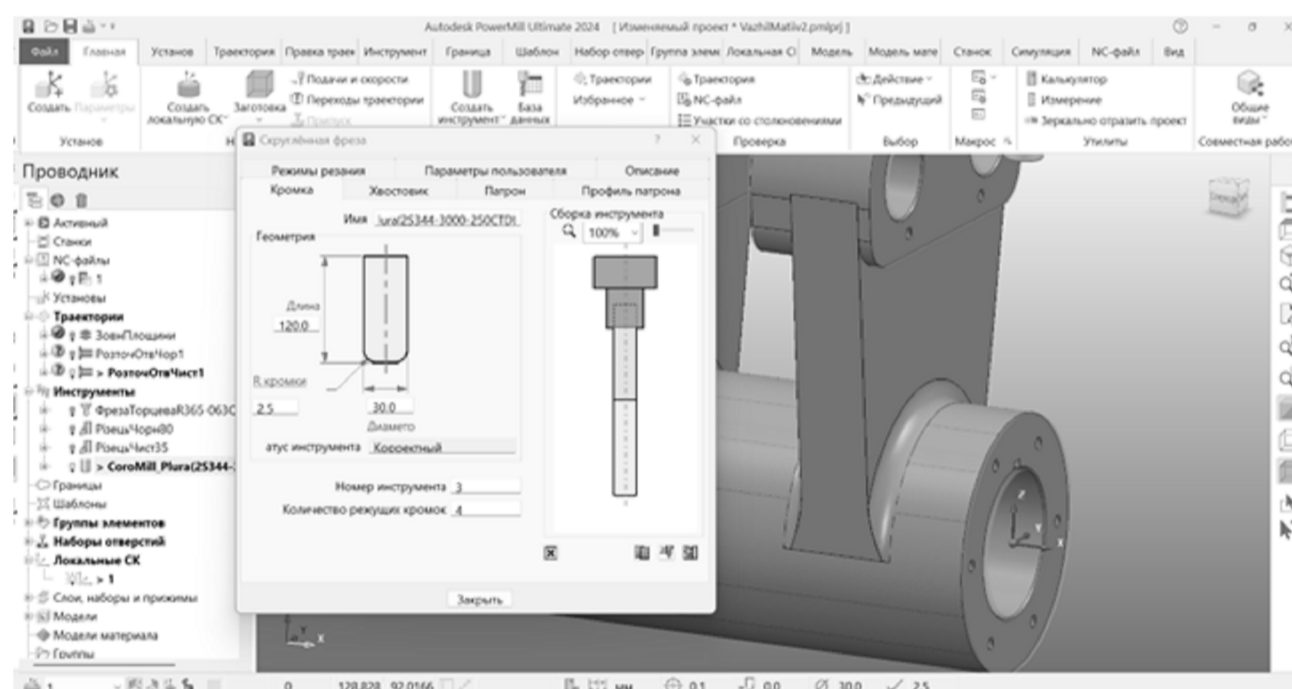
Керуючі програми



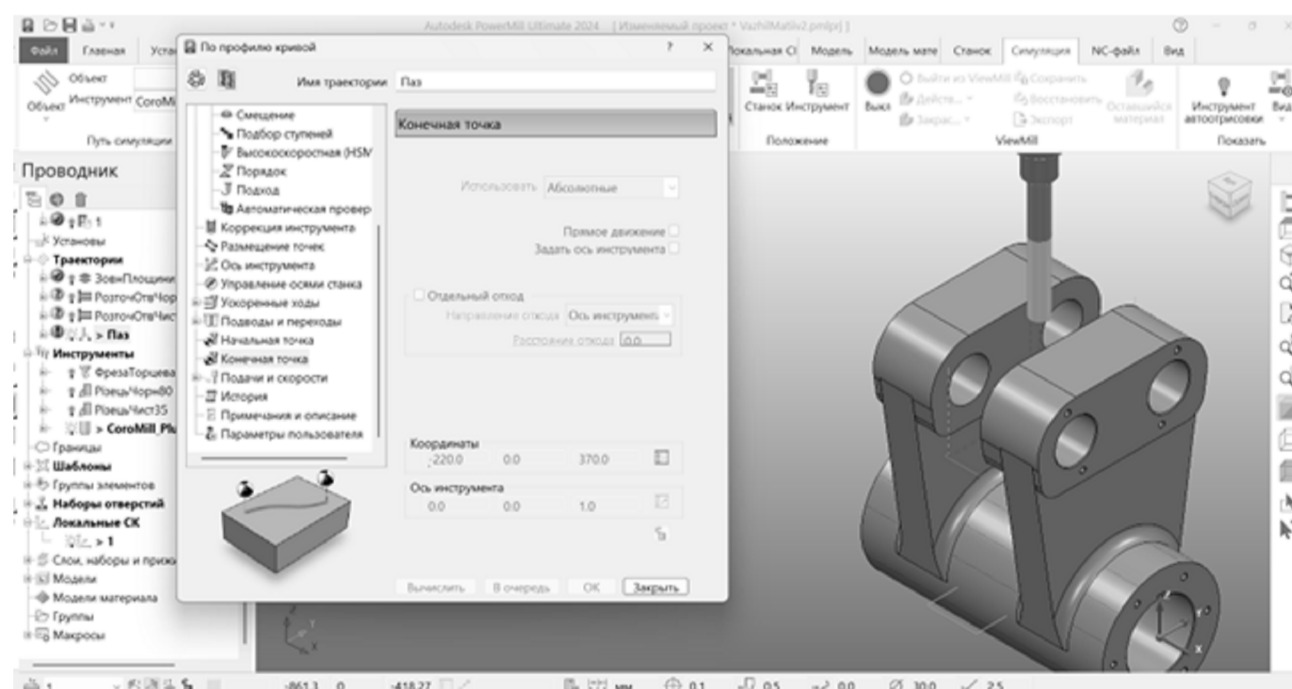
Проектування чистового розточування



Створення локальної системи координат



Створення моделі фрези



Проектування фрезерної обробки

```

100 ; -----
101 ; NO.| ID      | DIA.| TIP RAD| LENGTH
102 ; -----
103 ; 2|РізецьЧорн80| | 0.0 |
104 ; -----
0.00 BEGIN PGM 20 MM
105 ; PROGRAM NAME : 20
106 ; PART NAME : Важіль
107 ; PROGRAM DATE : 2025-05-27 - 14:34:44
108 ; PROGRAMMED BY : ADMIN
109 ; POWERMILL CB : 2024019.0
110 ; POST VER : 2024.0.0.5142
111 ; OPTION FILE : HEIDENHAINMOD
112 ; OUTPUT WORKPLANE : 1
113 ; -----
114 ; -----
115 ; NO.| ID      | DIA.| TIP RAD| LENGTH
116 ; -----
117 ; 2|РізецьЧорн80| | 0.0 |
118 ; -----
119 ; -----
120 ; NUMBER OF TOOLPATHS: 1.0
121 ; ESTIMATED PROGRAM DURATION: 0 H 0 M 40 S
122 ; -----
123 BLK FORM 0.1 Z X-411.3001 Y-144.4498 Z-100.0
124 BLK FORM 0.2 X4.2999 Y144.4498 Z361.5
125 ; -----
126 CYCL DEF 247 DATUM SETTING~
    Q339=+1; DATUM NUMBER
127 L M140 MBMAX FMAX
128 ; -----
129 ; START TOOLPATH : РозточОтвЧор1
130 ; -----
131 ; PARAMETRIC FEEDRATE DEFINITION
132 Q1=500; PLUNGE FEED RATE
133 Q2=1000; CUTTING FEED RATE
134 Q3=3000; SKIM FEED RATE
135 ; FMAX USED FOR RAPID
136 ; -----
137 ; TOOL NO. : 2
138 ; TOOL TYPE :
139 ; TOOL ID : РізецьЧорн80
140 ; TOOL DIA : 0.0 LENGTH 0.0
141 ; -----
142 TOOL CALL 2 Z S1000 DL+0.0 DR+0.0
143 M03
144 L X-1207.0002 Y0.0 FMAX
145 L Z-100.0 FMAX
146 M08
147 CYCL DEF 32.0 TOLERANCE
148 CYCL DEF 32.1 T0.1
149 CYCL DEF 32.2 HSC-MODE:1 TA2
150 L X-1023.2634 Y-49.4212 R0 FQ3
151 L Y-51.4212 F0.2
152 L X-807.0002
153 L Y-49.75
154 L X-809.8286 Y-48.3358
155 L X-1023.2634 FQ3
156 L Y-51.0924
157 L Y-53.0924 F0.2
158 L X-807.0003
159 L X-807.0002 Y-51.4212
160 L X-809.8287 Y-50.007
161 L X-1023.2634 FQ3
162 L Y-52.7636
163 L Y-54.7636 F0.2
164 L X-807.0003
165 L Y-53.0924
166 L X-809.8287 Y-51.6782

```

```

167 L X-1023.2634 FQ3
168 L Y-54.4348
169 L Y-56.4348 F0.2
170 L X-1015.3077
171 L X-1014.6802 Y-56.2976
172 L X-1014.0017 Y-56.2506
173 L X-807.0004 Y-56.243
174 L X-807.0003 Y-54.7636
175 L X-809.8288 Y-53.3494
176 L X-1023.2634 FQ3
177 L Y-56.1061
178 L Y-58.1061 F0.2
179 L X-1018.7634
180 L X-1015.7646 Y-56.6145
181 L X-1015.5467 Y-56.518
182 L X-1015.3077 Y-56.4348
183 L X-1018.1362 Y-55.0206
184 L X-1207.0002 Y0.0 FQ3
185 ; -----
186 ; END TOOLPATH : РозточОтвЧор1
187 ; -----
188 M09
189 M05
190 L M140 MBMAX FMAX
191 CYCL DEF 32.0 TOLERANCE
192 CYCL DEF 32.1
193 CYCL DEF 32.2
194 M30
195 END PGM 20 MM

```

```

100 ; -----
101 ; NO.| ID      | DIA.| TIP RAD| LENGTH
102 ; -----
103 ; 3|COROMILL_PLURA(2S344-2000-250CTD)|30.0| 2.5 | 300.0
104 ; -----
0.00 BEGIN PGM 30 MM
105 ; PROGRAM NAME : 30
106 ; PART NAME : Важіль
107 ; PROGRAM DATE : 2025-05-27 - 14:37:07
108 ; PROGRAMMED BY : ADMIN
109 ; POWERMILL CB : 2024019.0
110 ; POST VER : 2024.0.0.5142
111 ; OPTION FILE : HEIDENHAINMOD
112 ; OUTPUT WORKPLANE : 1
113 ; -----
114 ; -----
115 ; NO.| ID      | DIA.| TIP RAD| LENGTH
116 ; -----
117 ; 3|COROMILL_PLURA(2S344-2000-250CTD)|30.0| 2.5 | 300.0
118 ; -----
119 ; -----
120 ; NUMBER OF TOOLPATHS: 1.0
121 ; ESTIMATED PROGRAM DURATION: 0 HOURS 1 MIN 6 SEC
122 ; -----
123 BLK FORM 0.1 Z X-411.3001 Y-144.4498 Z-100.0
124 BLK FORM 0.2 X4.2999 Y144.4498 Z361.5
125 ; -----
126 CYCL DEF 247 DATUM SETTING~
    Q339=+1; DATUM NUMBER
127 L M140 MBMAX FMAX
128 ; -----
129 ; START TOOLPATH : Паз
130 ; -----
131 ; PARAMETRIC FEEDRATE DEFINITION
132 Q1=500; PLUNGE FEED RATE
133 Q2=1000; CUTTING FEED RATE

```

```

134 Q3=3000; SKIM FEED RATE
135 ; FMAX USED FOR RAPID
136 ; -----
137 ; TOOL NO. : 3
138 ; TOOL TYPE : TIPRADIUSED
139 ; TOOL ID : COROMILL_PLURA
140 ; TOOL DIA : 30.0 LENGTH 300.0
141 ; -----
142 TOOL CALL 3 Z S1500 DL+0.0 DR+0.0
143 M03
144 L X-205.0 Y0.0 FMAX
145 L Z370.0 FMAX
146 M08
147 CYCL DEF 32.0 TOLERANCE
148 CYCL DEF 32.1 T0.1
149 CYCL DEF 32.2 HSC-MODE:1 TA2
150 L Z215.0 R0 FQ3
151 L X-229.7053 Y135.2332
152 L Z220.0 FQ1
153 CC X-228.6448 Y134.1726
154 C X-230.1446 Y134.1726 DR+ FQ2
155 L Y130.6133
156 L Z215.0 FQ3
157 L Y-130.6491
158 L Z347.255
159 L Z220.0 FQ1
160 L Y-134.5837 FQ2
161 CC X-228.6447 Y-134.5837
162 C X-228.6446 Y-136.0837 DR+
163 L X-177.7778
164 CC X-177.7778 Y-134.5837
165 C X-176.2778 Y-134.5837 DR+
166 L Y-132.8434
167 L Z215.0 FQ3
168 L Y132.8767
169 L Z346.1544
170 L Z220.0 FQ1
171 L Y134.1726 FQ2
172 CC X-177.7778 Y134.1726
173 C X-177.7778 Y135.6726 DR+
174 L X-228.6446
175 CC X-228.6447 Y134.1727
176 C X-229.7053 Y135.2332 DR+
177 L Z215.0 FQ3
178 L X-220.0 Y0.0
179 L Z375.0
180 L Z370.0
181 ; -----
182 ; END TOOLPATH : Паз
183 ; -----
184 M09
185 M05
186 L M140 MBMAX FMAX
187 CYCL DEF 32.0 TOLERANCE
188 CYCL DEF 32.1
189 CYCL DEF 32.2
190 M30
191 END PGM 30 MM

```

				БР.ПМ-04.3.03.00.000 СХ			
Зм.	Арк.	№ Докм.	Підп.	Дата	Лит.	Маса	Масштаб
Разраб.	Матів						-
Лезаб.	Одасій						
Т.контр.	Одасій				Архив	Архив	1
Н.контр.	Одасій				ІФНТЧНГ		
Затв.	Ланчик				ПМ-21-1		