Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Інститут інженерної механіки та робототехніки

Кафедра комп'ютеризованого машинобудування

Ділишин Стас Володимирович
(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 622.2
(індекс)

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

Тема: Вдосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус нижній НПО-22.05.01.007» для умов середньосерійного типу виробництва

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

131-Прикладна механіка
(шифр і назва спеціальності)

С В Ділишин
(підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього ступеня)

Науковий керівник:Пітулей Лоліта Дмитрівна к.т.н. доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Допущено до захисту
Завідувач кафедри
професор_____Панчук В.Г.
(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Рецензент

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

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

м.Івано-Франківськ-2025 рік

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут інженерної механіки та робототехніки

Кафедра комп'ютеризованого машинобудування

Освітній рівень магістр

Спеціальність 131-Прикладна механіка
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____
«___» _____2025_ року

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

_____Ділишин Стас Володимирович_____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1.Тема роботи:Вдосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус нижній НПО-22.05.01.007» для умов середньосерійного типу виробництва_____

Керівник роботи : Пітулей Лоліта Дмитрівна к.т.н. доцент_____
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом закладу вищої освіти від "05"листопада 2025 року №_694/7_

2. Строк подання студентом роботи_15 грудня 2025 р._____

3. Вихідні дані до роботи: Технічний кресленик деталі «Корпус нижній НПО-22.05.01.007» тех.процес мех.обробки деталі_____
_____
_____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)___
1.Конструкторсько-технологічний аналіз 2.Проектування технології виготовлення деталі. 3.Проектування технологічної оснастки. 4.Створення керуючої програми для обробки на верстаті з ЧПК 5.Науково-дослідна частина.
_____
_____

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслеників)_____ _____
_1. Аналіз точності обробки _ 2. Карта налагодження _3. Пристрій верстатний
4. Пристрій контрольний 5. Створення керуючої програми для обробки на верстаті з ЧПК . 6.Науково-дослідна частина

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Пітулей Лоліта Дмитрівна к.т.н. доцент		
2	Пітулей Лоліта Дмитрівна к.т.н. доцент		
3	Пітулей Лоліта Дмитрівна к.т.н. доцент		
4	Пітулей Лоліта Дмитрівна к.т.н. доцент		

7. Дата видачі завдання _____25 листопада 2025 р._____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Конструкторсько-технологічний аналіз		
2	Проектування технології виготовлення деталі_		
3	. Проектування технологічної оснастки		
4	Створення керуючої програми для обробки на верстаті з ЧПК		
5	Науково-дослідна частина.		
6	Оформлення графічного матеріалу		
7	Оформлення технічної документації		

Студент _____Ділишин С.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____Пітулей Л.Д._
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

кваліфікаційної магістерської роботи на тему: «Вдосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус нижній НПО-22.05.01.007» для умов середньо-серійного типу виробництва».

Розрахунково-пояснююча записка містить: 75 сторінок, 27 рисунків, 14 таблиць, 3 додатки.

Графічна частина: 6 аркушів А1

Об'єкт дослідження: технологічний процес виготовлення деталі: «Корпус нижній НПО-22.05.01.007».

Предмет дослідження: Вдосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус нижній НПО-22.05.01.007».

Мета роботи: розроблення перспективного технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус нижній НПО-22.05.01.007».

Застосування сучасних верстатів із ЧПК набуває все більшого поширення в останні роки, адже дає можливість їх застосовувати для оброблення складно-профільних поверхонь із високою якістю поверхонь та точністю виконання розмірів за один установ.

При проєктуванні операційної технології виготовлення даної деталі на верстаті з ЧПК була використана програмна система PowerMill від компанії AutoDesk. Технологія виготовлення складена у вигляді ряду керуючих програм (КП).

Перед виконанням необхідних дій побудовано 3D - моделі деталі (згідно робочого креслення) та заготовки (з номінальними припусками на механічну обробку) в програмі AutoDesk Inventor.

В технологічній частині обгрунтовано прийняте рішення обробку даної деталі здійснювати за допомогою трьох верстатів: горизонтально-токарного HAAS ST-25, свердлильного з ЧПК MAST Metalltechnik (моделі M-KBM 50) та вертикально-фрезерного моделі JET JTM-1050TS.

В моделюванні технологічного процесу виготовлення деталі описано базування та закріплення деталі в пристрої для кожної операції, створена віртуальна симуляція механічної обробки деталі: «Корпус нижній НПО-22.05.01.007».

В конструкторській частині для надійного закріплення деталі «Корпус нижній НПО-22.05.01.007» при механічній обробці на верстатах підібрано верстатне оснащення з відповідними параметрами, яке може запобігти негативним явищам, що мають місце при реальному процесі механічної обробки.

Результати роботи можуть бути використані в машинобудівній галузі.

Ключові слова: *технологічний процес, механічна обробка, корпус, складно-профільна поверхня, верстатний пристрій, базування, операція, номінальний розмір, граничне відхилення, квалітет, режими різання, пристрій контрольний, інструмент.*

Студент Стас Ділишин

ABSTRACT

Qualification master's thesis: Improvement of the technological process of manufacturing the part "Lower housing NPO-22.05.01.007" for medium-series production conditions

The calculation and explanatory note contains: 76 pages, 27 figures, 14 tables, 3 appendices.

Graphic part: 6 sheets A1

Object of research: - technological process of manufacturing the part: "Lower housing NPO-22.05.01.007"

Subject of research: - Improvement of the technological process of manufacturing the part "Lower housing NPO-22.05.01.007"

Purpose of work: Improving the quality, accuracy of processing and productivity, the issues always remain relevant for mechanical engineering.

The use of modern CNC machines has become increasingly widespread in recent years, as it allows them to be used for processing complex-profile housing surfaces with high quality and accuracy in a single installation. The design of the manufacturing technology of this part is carried out using control programs for processing the body on a CNC machine tool using the PowerMill software system from AutoDesk.

Before performing the necessary actions in the PowerMill program, 3D models of the part and the workpiece were built in the AutoDesk Inventor program. In fact, the manufacturing technology will be compiled in the form of a series of control programs (CP).

In the technological part, we decided to process this part using three machines: a HAAS ST-25 horizontal lathe, a MAST Metalltechnik CNC drilling machine model M-KBM 50 and a JET JTM-1050TS vertical milling machine.A 3D model of the part was created according to the working drawing, while indicating the dimensions with spatial deviations for the material.

In the modeling of the technological process of manufacturing a part, the basing and fixing of the part in the device for each operation is described, a virtual simulation of the mechanical processing of the part is created: Lower housing NPO-22.05.01.007. Processing control programs are created.

In the design part, for more effective fixing of our part during mechanical processing on machines, machine tool equipment with parameters that can prevent negative phenomena that occur during the real process of this processing are selected.

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

***Keywords*:** *technological process, processing of the housing, complex-profile surfaces, machine tool device, basing, operation, maximum deviation, quality, cutting modes, control device, tool.*

Student: Stas Dilyshyn

Зміст

Вступ.....5
1 Технологічна частина.....6
1.1.Опис конструкції і роботи деталі.....6
1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі.....8
1.3.Визначення програми випуску деталей та типу виробництва і кількості деталей в партії.....11
1.4 Аналіз базового техпроцесу і запропоновані зміни для покращення технології виготовлення.....13
1.4.1 Техніко-економічне обґрунтування вибору заготовки.....13
1.4.2 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі і запропоновані зміни по поліпшенню технології виготовлення.....19
1.4.3 Опис і аналіз базового варіанту технологічного процесу.....19
1.4.4 Опис проектного варіанту технологічного процесу.....24
1.5 Розробка операційної технології.....27
1.5.1 Розрахунок припусків на механічну обробку.....27
1.5.2 Розрахунок режимів різання, основний та допоміжний час.....33
1.5.3 Аналіз точності обробки поверхні $Ø165_{-0,08}$.....38
1.5.4 Розробка карти налагодження та КП на верстаті з ЧПК 42
1.5.5 Нормування технологічного процесу.....43
2 Розроблення керуючої програми для верстата з ЧПК.....46
3 Конструкторська частина.....56
3.1 Опис призначення, будова і робота пристрою. 56
3.1.2 Принцип роботи пристрою.....57
3.1.3 Розрахунок сил закріплення.....57
3.1.4Розрахунок пристроїв на точність.....61
3.2 Пристрій контрольний.....64
3.2.1 Опис призначення, конструкції та принципу роботи пристрою 64
3.2.2 Розрахунок пристрою на точність.....64
3.2.3 Коефіцієнт уніфікації 66
4 Науково-дослідна частина.....67
4.1 Дослідження стійкості осьового різального інструменту при обробці корпусних деталей.....67
Висновок.....73
Перелік посилань на джерела.....74

Додатки.....
Керуючі програми обробки
Технологічні документи
Специфікації до графічної частини

					МР.ПМК-007.00.00.000 ПЗ		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Ділишин С.В.			Технологічний процес механічної обробки деталі"Корпус нижній НПО-22.05.01.007"	Літ.	Арк. 3 / Акрушів
Перевір.		Пітулей Л.Д.					
Реценз.						ІФНТУНГ ПМКм24-1	
Н. Контр.		Пітулей Л.Д.					
Зд.атвер		Панчук В.Г.					

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, поставлених конструктором перед виробництвом. 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 конкурентно-спроможності 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 роботі передбачається підвищити ефективність механічної обробки " Корпус нижній НПО-22.05.01.007" шляхом:

— виявлення та усунення недоліків технології на базовому підприємстві;

— використання методів обробки та засобів технологічного оснащення, які повніше відповідають особливостям конструкції деталі та серійному типу виробництва;

1.Технологічна частина.

1.1.Опис конструкції і роботи деталі

Деталь «Корпус нижній НПО-22.05.01.007» являє собою тіло обертання. Корпус призначена для роботи шестеренчастого оливного насосу .

Дана деталь виготовлена із сталі 40Х, яка повністю відповідає призначенню деталі. У разі відсутності цієї сталі її можна замінити сталями таких марок, як 45Х, 38ХА, 40ХН, 40ХС, 40ХФ, 40ХР.

Опис конструкції деталі виконуємо у вигляді таблиці:

Таблиця 1.1 - Опис конструкції деталі

№ пов.	Поверхня, конфігурація	Розміри	Ква-т точності	Точність ф-ми, роз-ня	Шорсткість
1-11-15-17	Фаски зовнішні	1х45	h14	-	3.2
2	Торець, допоміжна база	Ø165	H14		3.2
3	Фаска внутрішня	2,5х45	H14		3.2
4	Внутрішня циліндрична	Ø68х21.6	H9		3,2
5	Торець	Ø68	H9	-	3,2
6	Внутрішння конічна	Ø50:Ø70°	H14	-	1,6
7	Внутрішня циліндрична	Ø34	H14	-	1,6
8	Торець	Ø34	H14		1,6
9	Фаска внутрішня	1,6х10°	H14	-	1,6
10	Зовнішня циліндрична поверхня	Ø165х33	f9	-	3,2
12	Торець	Ø165	H14	-	3,2
13	Зовнішня циліндрична. поверхня	Ø112	H14		3,2
14	Торець	Ø165	h14		3,2
16	Зовнішня циліндрична поверхня	Ø165	f9	-	3,2
18	Торець	Ø165	H14	-	3,2
19-27	Отвори	Ø16х18	F9	-	3,2
28	Внутрішня циліндрична поверхня	Ø112х5	H14	-	3,2
29	Торець	Ø112	H14	-	3.2
30	Внутрішня циліндрична поверхня	Ø30	T7	-	0,8
31-32	Отвори	Ø10	H7		0,8
33	Лиска	24	h14		3,2

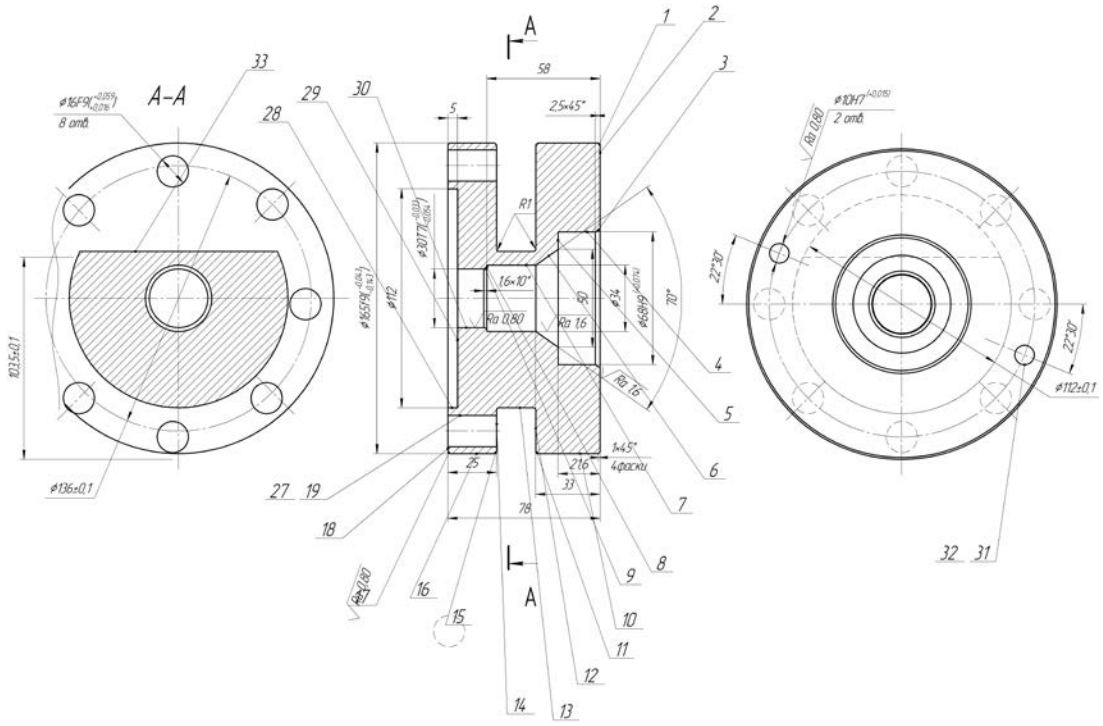


Рисунок.1.1 – Ескіз деталі Корпус нижній НПО-22.05.01.007 з нумерацією поверхонь

Хімічні та фізичні властивості сталі 40Х записані нижче у таблицях.

Хімічний склад сталі 40Х ДСТУ 4543:2011

Таблиця 1.1

C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	S	P
%	%	%	%	Не більше %			
0,36-0,44	0,17-0,37	0,50-0,80	0,80-1,10	0,30	0,30	0,035	0,035

ст. 143 [1]

Основні механічні властивості сталі 40Х ДСТУ 4543:2011

Таблиця 1.2

Січення, мм	КП	$\sigma_{0,2}$	σ	δ_5	ψ	KCU, Дж/см^2	НВ
		МПа		%			
		не менше					не більше
100	315	315	570	17	38	39	207

ст. 144 [1]

1.2. Аналіз технологічності конструкції деталі

Аналіз технологічності проводиться з метою виявлення конструктивних недоліків за даними кресленика деталі. Деталь «Корпус нижній НПО-22.05.01.007» є тілом обертання. Матеріал деталі - легована конструкційна сталь 40Х , що відповідає технічному призначенню. Більшість поверхонь – зовнішні або внутрішні циліндричні поверхні з шорсткістю Ra 3,2, що відповідає загальноприйнятим методам обробки – точінню, свердлінню, фрезеруванню і шліфуванню. Поверхні деталі не складної конфігурації. Труднощів у виборі заготовки не виникає (штамповка або прокат).

Не складні геометричні форми дозволяють використовувати стандартний інструмент. На кресленні вказані всі потрібні вигляди і січення, а також проставлені всі технологічні вимоги.

В цілому деталь технологічна, що дозволяє проводити обробку загальноприйнятими методами обробки з використанням прогресивних режимів різання. Найбільш точними розмірами є поверхні 7, і 11 (∅30Т7 і ∅10Н7); розміри 16F9 та 68Н9. Таку точність і шорсткість можна отримати за допомогою чистового шліфування. Отвір (поверхня 4) отримується свердлінням, інші поверхні - точінням, тому в обробці деталі труднощів не виникає.

Оброблюваність різанням оцінюють за допомогою коефіцієнта оброблюваності різцями відносно еталонного матеріалу (сталь45 з Gb=650мПа; 197НВ):

$$Kv=V60/Ve60,$$

де V_{60}-швидкість різання матеріалу при 60 хвилинній стійкості інструменту;

Ve_{60} - швидкість різання еталонного матеріалу при 60 - хвилинній стійкості інструменту;

Згідно [9; с.29-34]:

$$V_{60}=111м/хв;\ Ve_{60}=115м/хв;$$

$$K_v=111/115=0,965;$$

Отримане значення свідчить про добру оброблюваність різанням сталі 40 Х.

Аналіз технологічності даної деталі проводимо згідно методики [1; с.12]:

1) Конструкція деталі допускає обробку на прохід плоских зовнішніх циліндричних поверхонь 10, 16, 19, 30;

2) Конструкція деталі допускає обробку на прохід отворів 19-26, 31-32;

3) Вільний доступ інструменту можливий при обробці всіх поверхонь;

4) Не під прямим кутом відносно інших поверхонь розміщені фаски 1, 3, 9, 11 ,15, 17, решту поверхонь розміщені або під прямим кутом, або паралельно;

5) В конструкції деталі відсутні отвори, які розміщені не під прямим кутом до площини входу;

6) Жорсткість деталі достатня, і на режими різання не впливає;

7) Внутрішні отвори не великого діаметра;

8) Обробка всіх поверхонь деталі з однієї установки не можлива через протилежність взаємного розміщення поверхонь, які служать технологічними базами;

9) В конструкції деталі є достатні за розмірами, точністю і відстанню між собою поверхні, які служитимуть постійними чистовими базами.

В таблиці 1.3. приводимо можливі варіанти механічної обробки деталі

Таблиця 1.3

Пов. або група пов.	Варіанти методів обробки поверхонь, обладнання, пристрій
1	2
1;2;3;4;5;6;7;8;9;10; 11; 12; 13; 14; 15;16;17;18; 27;28;	1)точіння на токарно-гвинторізному верстаті а) універсальному прохідним відігнутим різцем; б) з ЧПК прохідним відігнутим різцем або різцем для контурного точіння; 2)точіння прохідним на токарно-револьверному верстаті а) універсальному прохідним відігнутим різцем;
29	1) тонке точіння на токарно-гвинторізному верстаті а) спеціальним розточним різцем; б) з ЧПК розточним різцем або різцем для контурного точіння; 2)внутрішнє шліфування ; а) попереднє і кінцеве; 3) протягування на протяжному верстаті;
19-26; 30-31	1)обробка на вертикально-свердлильному верстаті а) кондукторі; б) в спеціальному поворотному пристрої; 2)обробка на вертикально-свердлильному верстаті з ЧПК в свердлильному пристрої;
32	1) обробка на вертикально-фрезерному верстаті в спеціальному пристрої кінцевою фрезою; 2) обробка на горизонтально-фрезерному верстаті в тисках дисковою фрезою;

1.3.Визначення програми випуску деталей та типу виробництва і кількості деталей в партії

Початкові дані: деталь – «Корпус нижній НПО-22.05.01.007»; маса деталі 3.5 кг; тип виробництва - середньосерійний.

Таблиця 1.4.-Трудомісткість операцій

№ і назва операції	Т шт.,хв.	№ і назва операції	Т шт.,хв.
1	2	3	4
010.Заготівельна		045 Вертикально-фрезерна	16,8
015.Токарна зЧПК	15,3	050Термічна	
020. Токарна з ЧПК	10,4	055 Внутрішньошліфувальна	6,2
025. Токарна з ЧПК	8,8	060.Контрольна	
030. Токарна з ЧПК.	6,7		
035.Вертикально-свердлильна з ЧПК	18,4		
040 Вертикально-свердлильна з ЧПК	8,6		

Середній штучний час:

$$Тшт.сер.= \sum Тшт./n, \text{ хв}$$

де n- кількість операцій; n=15;

∑Тшт.- сумарний штучний час, хв;

Тшт.сер.=(15,3+10,4+8,8+6,7+18,4+16,8+8,6+6,2)/11=8,29 хв;

Такт випуску деталей:

$$tв=Кз \cdot Тшт.сер., \text{ хв}$$

де Кз- коефіцієнт закріплення операцій;

Для середньосерійного виробництва 11<Кз≤20 [1; с.15];

Приймаємо Кз=15;

$$tв=15 \cdot 8,29=124,35 \text{ хв};$$

Річна програма випуску деталей:

$$N=Fд \cdot 60 / tв, \text{ шт.}$$

Де Fд- дійсний річний фонд робочого часу устаткування, год;

Згідно [2.с.22; Табл..2.1.] Fд=4029 год;

$$N=4029 \cdot 60 / 124,35=1698,2 \text{ шт};$$

Приймаємо:N=1700шт;

Розрахункова кількість деталей в партії:

$$nд=N\cdot a / F, \text{ шт.}$$

де а- періодичність запуску виробів (3; 6; 12; 24)

Приймаємо а=12днів;

F-число робочих днів в році; F=253 днів

$$nд=1700\cdot 12 / 253=80 \text{ штук}$$

Розрахункове число змін на обробку партії деталей:

$$C=Tшт.сер.\cdot nд / 480\cdot 0,8$$

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

0,8- нормативний коефіцієнт завантаження верстатів в серійному виробництві;

$$C=8,29*80 / 480\cdot 0,8=1,72;$$

Прийнята кількість змін Спр.=2 зміни;

Прийнята кількість деталей в партії:

$$nпр=Спр.\cdot 480\cdot 0,8 / Tшт.сер.,шт.$$

$$nпр=2\cdot 480\cdot 0,8 / 8,29=92,6;$$

Приймаємо: n=90 штук;

Річна програма випуску деталей:

$$N=nпр.\cdot F / a, \text{ шт.}$$

$$Nпр=90\cdot 253 / 12=1897 \text{ шт;}$$

Приймаємо річну програму випуску деталей кратну кількості деталей в партії:

$$1897 / 80=23,7;$$

$$КПР=90*24=2160;$$

Прийняті: річна програма в межах 501...5000 яка при масі деталі 3.8 кг відповідає середньосерійному типу виробництва, заданому в проекті

$$Nпр=2160 \text{штук;}$$

Кількість деталей в партії nпр=90штук.

1.4 Аналіз базового ТП і запропоновані зміни для покращення технології виготовлення

1.4.1 Техніко-економічне обґрунтування вибору заготовки

Поковка

Визначення розмірів, маси кованої заготовки проводимо згідно ДСТУ 7505:2009.

Вихідні дані:

матеріал – сталь 40Х

маса деталі – 3.5 кг.

1. Вибираємо закритий штамп.
2. Визначаємо клас точності.

Клас точності Т4 – тб. 19 ст. 28 [5].

3. Встановлюємо групу сталі

Сталь 40Х відносять до групи М2 – тб. 1 ст. 8 [5].

4. Визначаємо степінь складності поковки – С1 ст. 30 [5].

$M_{розрах.} = m_{дет.} \cdot K_p$, де $К_р$ = 1,5÷1,8.

$К_р$ – розрахунковий коефіцієнт, приймаємо 1,8.

Звідси $m_{заг.} = 3.5 \cdot 1{,}8 = 6.3кг$

4.1. Визначаємо масу фігури, яка описує цю заготовку – це циліндр з розмірами:

∅ 165*1,05

ℓ 78*1.05, де 1,05 коефіцієнт

$∅_{к.}$173,52мм

$ℓ_{к.}$81,9 мм

$R_{к.}$86,75 мм

$V = \pi R_к^2 \cdot l_к$

$V = 3{,}14 \cdot 86.75^2 \cdot 81.9 = 1935.3см^3$\

Прокат

Вибираємо прокат круглого перерізу із звичайної точності.

Сталь 40Х

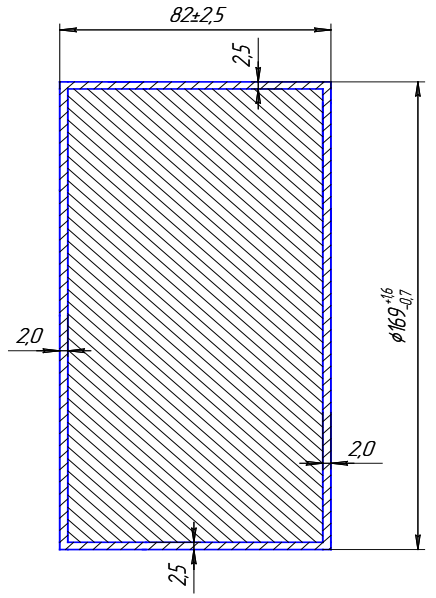
1. Максимальний діаметр деталі – 165f9.

Поверхню такої точності можна отримати після чорнового, напівчистового точіння.

2. Для визначення вихідного діаметру заготовки складаємо таблицю.

Розмір	Припуск	Допуск		Прийнятий розмір
		«+»	«-»	
∅ 165	4	0,6	1,7	$∅\ 169^{+0,6}_{-1,7}$
78	4	2,5	2,5	82±2,5

3.Виконуємо ескіз заготовки.



3.Виконуємо ескіз заготовки.
Рисунок.1.2 ескіз заготовки

4.2. Знаходимо масу даної фігури.

$M_{фігури} = V \cdot \rho$; ρ для сталей – $7{,}85 г/см^3$

4. Вибираємо прокат звичайної точності $\varnothing\ 170^{+0,6}_{-1,7}$ по ДСТУ2590:2001.

5. Знаходимо масу заготовки.

$M_{фігури} = 1935.3 \cdot 7,85 = 15.1кг$

4.3. Знаходимо відношення маси заготовки до маси фігури.

$$\frac{M_{з.}}{M_{ф.}} = \frac{6.3}{15.1} = 0.41$$

4.4. Знаходимо степінь складності деталі. ст. 30 [5]

Якщо відношення маси заготовки до маси фігури 0,73, то степінь складності С2.

5. Визначаємо вихідний індекс заготовки. ст. 10 тб. 2 [5]

Вихідний індекс – 9.

6. Визначаємо конфігурацію поверхні роз'єму штампа – ст. 8 тб. 1 [5]

Конфігурація роз'єму П (плоска).

7. Визначаємо припуски і ковальські напуски по тб. 3 [5].

7.1. Знаходимо основні припуски:

2.3 - ∅ 68мм і чистота поверхні 6.3

2.5 - ∅ 165мм і чистота поверхні 12.5

1.9– 78 мм і чистота поверхні 12.5

1.7 – 21,6мм і чистота поверхні 3,2

7.2. Знаходимо додаткові припуски, які враховують відхилення від площинності.

Додатковий припуск становить 0,2 - ст. 14 тб. 4 [5]

7.3. Знаходимо розміри штамповки.

∅ 165f11+(2.3 +0,2)·2=170 мм

∅ 68H9-(2.2+0,2)·2=63,2 мм

78+(1,9+0,2)·2=82,2 мм

21,6-(1,7+0,2)-(1.9+0,2)=19,5 мм

8. Знаходимо заокруглення зовнішніх кутів. тб. 7 ст. 15 [5]

R=2,5

9. Знаходимо допуски на штамповку – ст. 18 тб. 8 [5]

$m_з = V_{заг.} \cdot \rho$

$V_{заг.} = \pi R^2 \cdot l$

$V_{заг.} = 3,14 \cdot 85^2 \cdot 82 = 1860см^3$

де $V_{заг.}$ - об'єм заготовки.

$m_з = 1320 * 7.85 = 14.6кг$

де ρ для сталей – 7,85 г/см^3

6. Визначаємо коефіцієнт використання матеріалу.

$k = \frac{m_{дет.}}{m_{заг.}}$, де $m_{дет.}$ - маса деталі,

$m_{заг.}$ - маса заготовки.

$$k = \frac{3.5}{14.6} = 0,23$$

7. Визначаємо собівартість заготовки.

$C_{заг.} = C_n \cdot G_{заг.} - (G_{заг.} - G_{дет.}) \cdot C_{відх.};$

де C_n – ціна 1 кілограма матеріалу заготовки.

C_n=3,22 грн/кг

[7]

$C_{відх.}$ - ціна 1 кілограма відходів (стружки).

$C_{відх}$= 0,6 грн/кг

[7]

$G_{заг}$ – масса заготовки.

$G_{дет.}$ - маса деталі.

$C_{заг.} = 3,22 \cdot 14.6 - (14.6 - 3.5) \cdot 0,6 = 40.35грн.$

∅ 165f11 – $170^{+2.4}_{-1.3}$

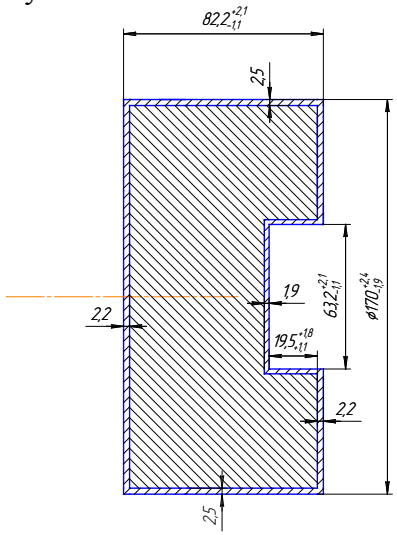
∅ 68 H9 – $63.2^{+2,1}_{-1.1}$

78– $82.2^{+2,1}_{-1,1}$

21,6– $19.5^{+1.8}_{-1.1}$

Розмір	Припуск	Допуск		Прийнятий розмір
		«+»	«-»	
∅ 165h11	(2.3 +0,2)·2	2.4	1.3	$170^{+2.4}_{-1.3}$
∅ 68H14	(2.3+0,2)·2	2,1	1.1	$63.2^{+2,1}_{-1.1}$
78	(1,9+0,2)·2	2.1	1.1	$82.2^{+2,1}_{-1,1}$
21,6	(1,7+0,2)+(1.9+0,2)	1.8	1.1	$19.5^{+1.8}_{-1.1}$

Виконуємо ескіз заготовки.



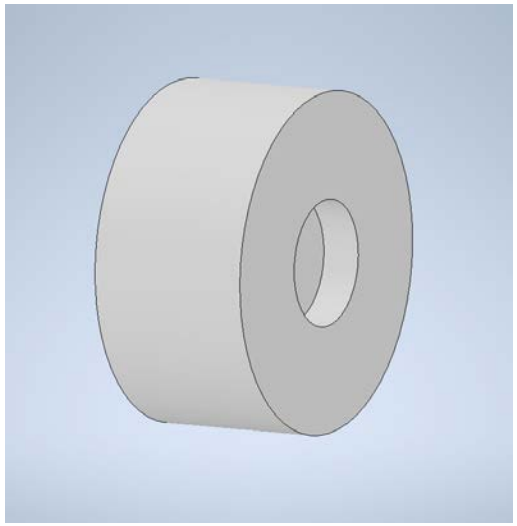


Рисунок.1.3 ескіз заготовки

Вибираємо технічні вимоги.

1. Вихідний індекс – 9
2. Степінь точності – Т4.

3. Степінь складності – С2.
4. Група сталі – М2.
5. Для внутрішніх поверхонь - 2°; для зовнішніх поверхонь 1°. Тб. 18 ст. 26 [5]

12. Знаходимо масу заготовки:

$m_{заг.} = V_{заг.} \cdot \delta$, де δ - питома густина для матеріалу заготовки.

В нашому випадку:

$V_{заг.} = V_1 - V_2$

$V_1 = \pi R_1^2 \cdot l_1 = 3{,}14 \cdot 85^2 \cdot 82.2 = 786.53 см^3$

$V_2 = \pi R_2^2 \cdot l_2 = 3{,}14 \cdot 31.5^2 \cdot 19.5 = 60.7 см^3$

$V_{заг.} = 786.53 - 60.7 = 725.83 см^3$

$m_{заг.} = 786.83 см^3 \cdot 7{,}85 г/см^3 = 5697 г$

$m_{заготовки}$ - 5.697 кг

13. Знаходимо k використання металу.

$k = \frac{m_{дет.}}{m_{заг.}}$, де $m_{дет.}$ - маса деталі, $m_{заг.}$ - маса заготовки.

$k = \frac{3.5}{5.697} = 0{,}56$

14. Знаходимо вартість заготовки.

$C_{заг.} = C_n \cdot G_{заг.} - (G_{заг.} - G_{дет.}) \cdot C_{відх.}$;

де C_n – ціна 1 кілограма матеріалу заготовки.

C_n=7.4 грн/кг [7]

$C_{відх.}$ - ціна 1 кілограма відходів (стружки).

$C_{відх}$= 0,6 грн/кг [7]

$G_{заг}$ – масса заготовки.

$G_{дет.}$ - маса деталі.

$C_{заг.} = 7.4 \cdot 5.697 - (5.697 - 3.5) \cdot 0{,}6 = 40.77 грн.$

Порівняльна таблиця характеристики заготовок

Показники	Поковка	Прокат
Клас точності	Т4	Звичайна точність
Маса заготовки	5.697	14.6
Коефіцієнт використання металу	0,56	0.23
Вартість заготовки	40,77	42.35

У нашому випадку доцільніше буде використовувати заготовку із поковки тому, що в неї на відміну від заготовки із прокату:

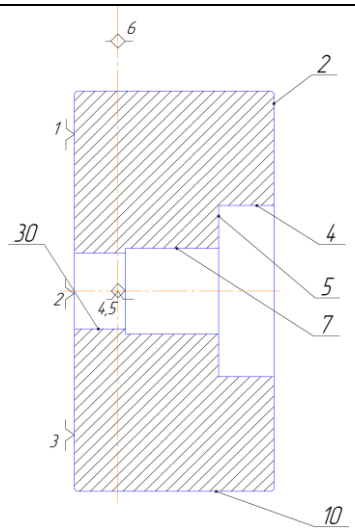
- високий коефіцієнт використання металу;
- значно менша ціна;
- менша маса заготовки.

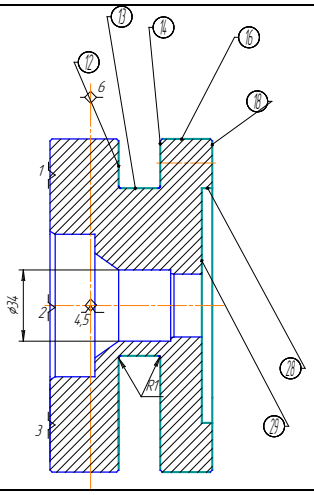
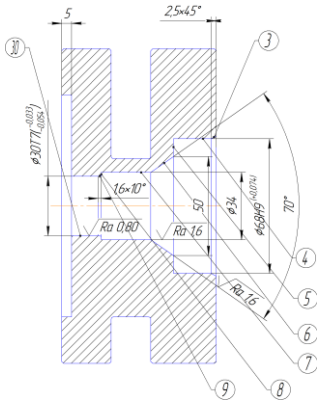
1.4.2 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі і запропоновані зміни по поліпшенню технології виготовлення.

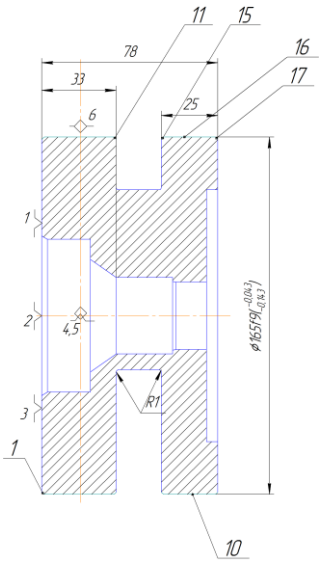
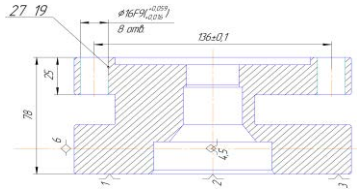
1.4.3 Опис і аналіз базового варіанту технологічного процесу.

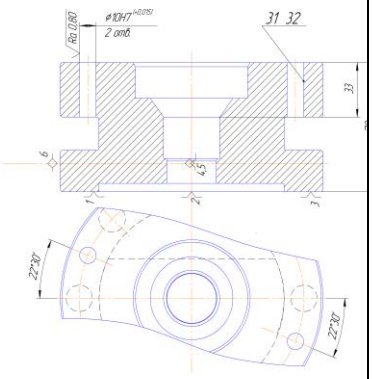
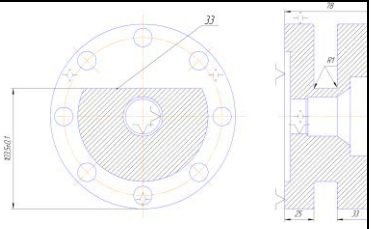
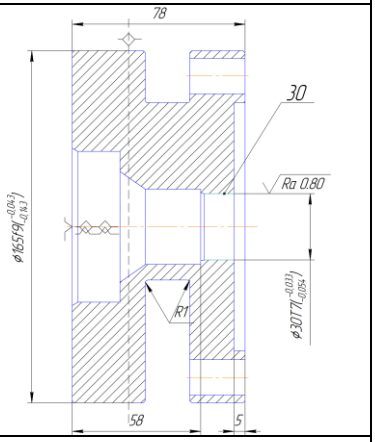
Опис базового варіанту технологічного процесу приводимо у вигляді таблиці 1.6.

Таблиця 1.6.- Технологія обробки корпуса за базовим технологічним процесом.

№ оп.	Назва та зміст оп-ії і переходів, інструмент	Тип і мод. облад.	Характеристика пристрою	Схема базування
1	2	3	4	5
015	Токарна 1 Підрізати торець нач и-сто (Різець2112-0015 Т5К10 ДСТУ18880:2003) 2 Центрувати торець (Свердло 2317-0008 ДСТУ 14952:2005 3 Обточити пов. до Ø 165 на довжині 34 (Різець 2103-0007 Т5К10 ДСТУ18880:2003 Штангенциркуль ІІ-200-0.05 ДСТУ166:2009) 4 Свердлити отв. Ø 25 (Свердло 2301-0087 ДСТУ10903:1997 Втулка 6100-0145 ДСТУ13598:2005) 5Розсвердлити отв. ¢45 (Свердло 2301-0153 ДСТУ10903:1997) 6Розточити пов.4 Ø 68 7 Розточити пов.7 Ø 34 8Розточити пов.30 Ø 30	Токарно гвинторізний верстат 1А616	Патрон 7100-0009 ДСТУ 2675:2000	
020	Токарна 1 Підрізати торець в розмір 78 (Різець2112-0015 Т5К10 ДСТУ18880:2003 Штангенциркуль І-125-0.1 ДСТУ166:2009) 2 Обточити пов. до Ø 165 (Різець2103-0007 Т5К10 ДСТУ18880:2003)	Токарно-гвинторізний верстат 1А616	Патрон 7100-0009 ДСТУ 2675:2000	

	3 Розточити Ø 112 на глибину 5 (Різець 2130-0153Т5К10 ДСТУ18884:2003 Штангенциркуль ІІ-200-0.05 ДСТУ166:2009) 4 Прорізати канавку до Ø 113 від торця на 25мм.			
025	Токарна 1Розточити пов.4 Ø 68Н9 (Різець2112-0015Т15К6 ДСТУ18880:2003 Штангенциркуль І-125-0.05 ДСТУ166:2009) 2 Розточити конічну пов.6 під кутом 70° (Різець2103-0007 Т15К6 ДСТУ18879:2003) 3 Розточити пов.7 Ø 34 4 Точити фаску пов.9 $1.6x10^0$ 5 Розточити пов.30 Ø30Т7 напрохід (Різець 2140-0073 Т15К6 ДСТУ18882:2003 Нутромір Н1 50-1 ДСТУ 868:2002) 6 Розточити фаску $2,5x45^0$ по Ø 68	Токарно-гвинторізний верстат 1А616	Патрон 7100-0009 ДСТУ 2675:2000	

030	Токарна 1Обточ. пов. До Ø165f9 (Різець2103-0007 Т5К10 ДСТУ18879:2003) (Мікрометр МК150-175ДСТУ6507:2000) 2 Точити фаску 1 1х45^0 по Ø165 3 Точити фаску 1х45^0 по Ø165 4 Точити фаску 1х45^0 по Ø 165 5 Точити фаску 1х45^0 по Ø165	Токарно-гвинторізний верстат 1А616	Патрон 7100-0009 ДСТУ 2675:2000	
035	Свердлильна 1 Свердлити 8 отв. Ø 15,7 (Свердло 2300-0186 ДСТУ 10902:1997 Штангенциркуль І-125-0.1 ДСТУ166:2009) 2 Зенкерувати 8 отворів Ø 16F9 (Зенкер 2353-0012 ДСТУ14953:2000 Штангенциркуль І-125-0.1 ДСТУ166:2009)	2А125	Кондуктор К1621 Кондуктор К1526	

040	Свердлильна 1 Свердліти 2 отв. Ø 9,5 (Свердло 2300-6177 ДСТУ10902:2007 Патрон 13-В 10-1 ДСТУ15935:2009) 2 Зенкерувати 2отворів Ø 10Н7 (Зенкер 2348-0009 ДСТУ14953:2000 Штангенциркуль І-125-0.1 ДСТУ166:2009) 3Розвертати 2 отв Ø10Н7(Розвіртка 4321-0012 ДСТУ17871:2000)	2А125	Кондуктор 1323 Кондуктор К1808 Кондуктор К2102	
045	Вертикально-фрезерна 1Фрезерувати пов.33в розмір 24 від осі(Фреза 2510-4027А ДСТУ 9324:2000)	6Р82	Пристрій спеціальний	
050	Термічна			
055	Внутрішньо-шліфувальна 1 Шліфувати пов.30 до Ø30Т7 напрохід (Круг 14А.3916 С2 9К ПП 40х20х16 ДСТУ2424:2005 Нутромір НІ 50-1 ДСТУ868:2002)	3М227ВФ2	Патрон 7100-0010 ДСТУ 2675:2000	
060	Контрольна			

В базовому варіанті технологічного процесу використовуються верстатні пристрої, оснащені затискними елементами з ручними, як правило гвинтовими затискачами. Пристрої сконструйовані із значним запасом міцності.

При проєктуванні удосконаленого технологічного процесу найкраще

застосовувати механізований привід для затискання заготовки.

Металорізальне обладнання, що використовується, - універсальні верстати, і вимагають задіяння великої кількості верстатників і займають значні виробничі площі. Обладнання розташовано за технологічною ознакою (по групах верстатів), що не характерно для середньо-серійного виробництва.

Маршрутній технології притаманна низький рівень концентрації операцій. Інструмент, що використовується для обробки деталі, - стандартний.

При проектуванні проєктного технологічного процесу на операції 015,020,025,030 (токарно-гвинторізна) змінюємо токарно-гвинторізний верстат 1А616 на більш продуктивний верстат з числовим програмним керуванням горизонтально-токарний **HAAS ST-25.**

Для забезпечення більшого рівня концентрації операцій доцільно об’єднати операції 015 та 020 і 025 та 030, оскільки це дозволяє кількість позицій в інструментальній головці.

Свердлильні операції 035,040 – ручне кріплення заготовки, ручне керування верстатом, та ручна зміна інструмента – можна усунути, застосувавши верстат з ЧПК, із автоматичною зміною та спеціальний пристрій з механізованим приводом.

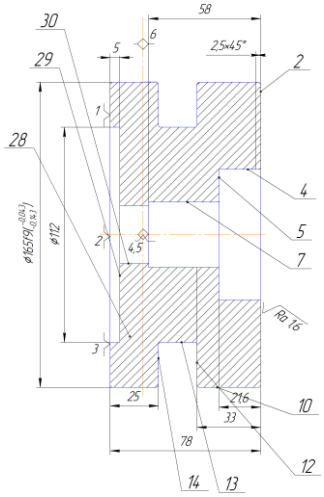
Свердлильні операції реалізовуються на радіально-свердлильному верстаті 2А125 за декілька установів в 5-х кондукторах. На операції 025 свердлять і зенкують всі отвори. Вище згадані недоліки усуваються застосуванням свердлильного верстата з ЧПК **MAST Metalltechnik моделі M-KBM 50** з автоматичною зміною інструменту.

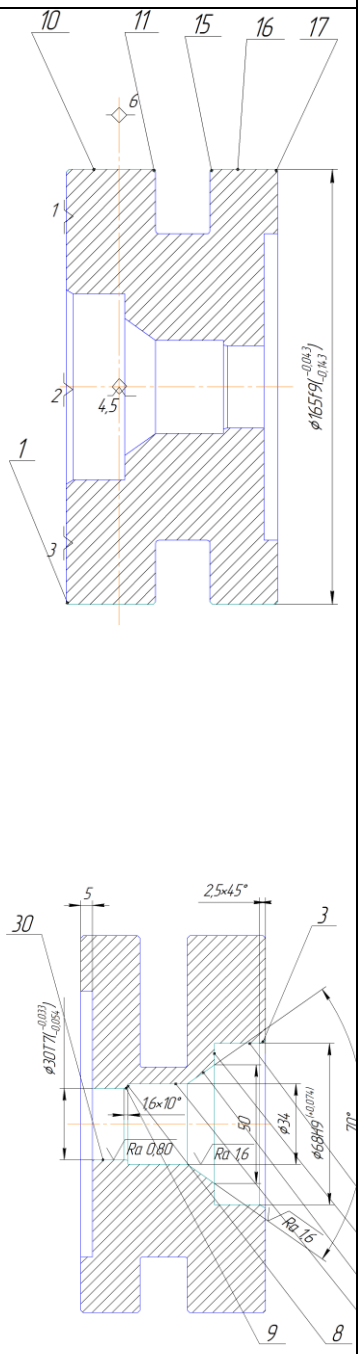
Остаточна обробка поверхні 30. Використовується спеціальний пристрій і вертикально-фрезерний верстат **мод. JET JTM-1050TS.**

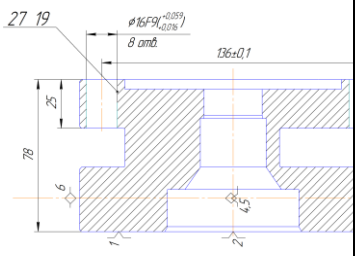
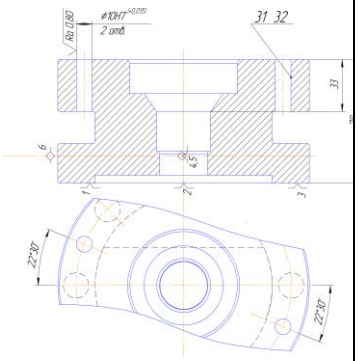
Операція відповідає умовам заданого типу виробництва. Але на операції виявлені недоліки. Операцію 055 можна об’єднати з операцією 025 свердлильною з ЧПК, так як верстат є точним і вимоги по шорсткості і заданій точності досягаються заміною інструменту, що дозволяє позиційність револьверної головки.

1.4.4 Опис проєктного варіанту технологічного процесу.

Таблиця 1.7- Технологія обробки корпуса за проєктним технологічним процесом

№ оп.	Назва та зміст операції і переходів, інструмент	Тип і модель обладнання	Характеристика пристрою	Схема базування
1	2	3	4	5
015	Токарна з ЧПК 1 Підрізати торець як чисто (Різець2112-0015 Т5К10 ДСТУ18880:2003) 2 Центрувати торець (Свердло 2317-0008 ДСТУ14952:2005) 3 Свердлити отв. Ø 25 (Свердло 2301-0087 ДСТУ10903:2007 Втулка 6100-0145 ДСТУ13598:2005) 4Розсвердлити отв. Ø 45 (Свердло 2301-0153 ДСТУ10903:2007) 5Розточити пов.4 (Ø 68) 6 Розточити пов.7 (Ø 34) 7Розточити пов.30 (Ø 30 8 Переустановити і закріпити деталь 9 Підрізати торець в розмір 78 (Різець2112-0015Т5К10 ДСТУ18880:2003 Штангенциркуль І-125-0.1 ДСТУ166:2009) 10 Обточити пов. до Ø 165 (Різець2103-0007 Т5К10 ДСТУ18879:2003) 11 Розточити пов.28 (Ø 112) на глибину 5 (Різець 2130-0153 Т5К10 ДСТУ18884:2003 Штангенциркуль ІІ-200-0.05ДСТУ166:2009) 12 Прорізати канавку до Ø 112 від торця на 25мм.	Токарний з ЧПК мод. HAAS ST-25	Патрон 7100-0009 ДСТУ 2675:2000	

020	Токарна з ЧПК 1 Обточити пов. до Ø 165f9 (Різець2103-0007 Т5К10 ДСТУ18879:2003) (Мікрометр МК150-175ДСТУ 6507:2010) 2 Точити фаску 1 1х45^0 по Ø 165мм 3 Переустановити і закріпити деталь 4 Розточити фаску (пов. 3) 2,5х45^0 по Ø 68 5Розточити пов.4Ø 68Н9 (Різець2112-0015 Т15К6 ДСТУ18879:2003 Штангенциркуль І-125-0.05 ДСТУ166:2009) 6 Розточити конічну пов.6 під кутом 70° (Різець2103-0007 Т15К6 ДСТУ18879:2003) 7 Розточити пов.7 (Ø 34) 8 Точити фаску (пов.9) 1.6х10^0 9 Розточити пов. 30 (Ø 30Т7) на прохід (Різець 2140-0073Т15К6 ДСТУ18879:2003 Нутромір Н1 50-1 ДСТУ 868:2002)	Токарний з ЧПК мод. HAAS ST-25	Патрон 7100-0010 ДСТУ2675:2000	

025	Свердлильна 1 Свердлити 8 отворів Ø 15,7 (Свердло 2300-0186 ДСТУ10902:2007 Штангенциркуль І-125-0.1 ДСТУ166:2009) 2 Зенкерувати 8 отворів Ø 16F9 (Зенкер 2353-0012 ДСТУ 14953:2000 Штангенциркуль І-125-0.1 ДСТУ166:2009) 3.Свердлити отв.до Ø30 напрохід (Свердло 2300-6179 ДСТУ10902:2007 Патрон 13-В 10-1 ДСТУ 15935:2009) Нутромір НІ 50-1 ДСТУ868:2002 4 Переустановити і закріпити деталь 5 Свердлити 2 отв. Ø 9,5 (Свердло 2300-6177 ДСТУ10902:2007 Патрон 13-В 10-1 ДСТУ 15935:2009) 6.Зенкерувати 2отворів Ø 10Н7 (Зенкер 2348-0009 ДСТУ 14953:2000 Штангенциркуль І-125-0.1 ДСТУ 166:2009) 7.Розвертати 2 отвори Ø 10Н7(Розвертка 4321-0012 ДСТУ17871:2000)	Свердлильний з ЧПК мод. М-КВМ 50	Патрон 7100-0010 ДСТУ2675:2000	 
030	Вертикально-фрезерна 1Фрезерувати пов.33в розмір 24 від осі(Фреза 2510-4027А ДСТУ9324:2000)	Вертикально-фрезерний верстат мод. JET JTM-1050TS.		
040	Термічна			
045	Контрольна			

1.5 Розробка операційної технології

1.5.1 Розрахунок припусків на механічну обробку

Розраховуємо припуски на механічну обробку аналітичним методом на поверхню 13 розміром Ø30H7$^{+0,025}$. На решту поверхонь припуски назначаємо нормативним методом.

Схема обробки

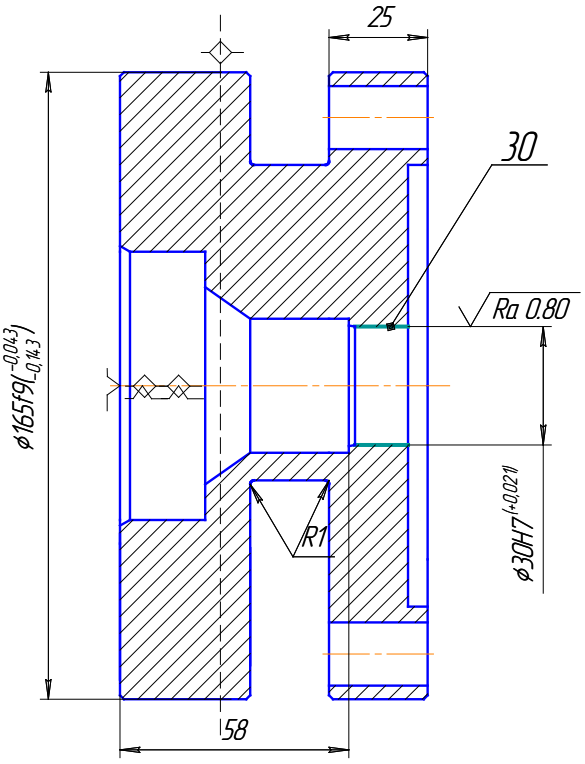


Рисунок.1.4 Схема обробки

1)Початкові дані:

Заготовка-поковка;

Маса деталі-3.5 кг;

2)Послідовність обробки:

-чорнове точіння;

-чистове точіння;

При обробці деталь встановлюється у трикулачковому патроні, а при свердлінні – у повідковому патроні.

Базами для обробки даної поверхні служать поверхні 4, 10.

3)Мінімальні значення припусків для внутрішньої циліндричної поверхні:

$$2Z\min = 2((R_{Z-1} + h_{i-1}) + \sqrt{\Delta E_{i-1}^2 + E_i^2})$$

де R-висота нерівностей, мкм;

h-глибина дефектного шару, мкм;

Δ-просторові відхилення, мкм;

Е-похибка установки заготовки, мкм;

Якість поверхонь визначаємо по [2]табл.27.с.190.

Для кованих заготовок сумарне значення:

Rz+h=360мкм.

Після чорнового розточування :

Rz=40мкм; h=40мкм;

Після чистового розточування :

Rz=20мкм; h=20мкм; [2]табл.27.с.190

Після внутрішнього шліфування :

Rz=5мкм; h=10мкм;

Сумарне значення просторових відхилень:

$$\Delta_E = \sqrt{\Delta_{En}^2 + \Delta_{зм}^2}$$

$$\Delta_{ЕП}=\Delta к \cdot L$$

L=51мм-довжина оброблюваного отвору, мм; (див. креслення деталі);
питома кривизна Δк=0,6 мкм/мм;

$$\Delta_{ЕП}=0,6 \cdot 51=30.6 \text{ мм};$$

Сумарне зміщення отвору являє собою геометричну складову в двох взаємно-перпендикулярних площинах:

$$\Delta_{зм} = \sqrt{\left(\frac{\delta_1}{2}\right)^2 + \left(\frac{\delta_2}{2}\right)^2}$$

де б1 і б2-допуск на розміри 76-0,74 і 38±0,31, які визначають взаємне розташування отвору відносно інших поверхонь;

$$\Delta_{зм} = \sqrt{\left(\frac{740}{2}\right)^2 + \left(\frac{620}{2}\right)^2} = 483 мкм;$$

$$\Delta_E = \sqrt{30.6^2 + 48.3^2} = 571 мкм;$$

Похибка установки заготовки згідно [2]С.41:

$$Eу = \sqrt{E_б^2 + E_з^2}$$

де $E_з$-похибка закріплення заготовки в пристрої для поперечного напрямку, мкм;

$E_б$-похибка закріплення заготовки в пристрої для осьового напрямку, мкм

Еб=50 мкм

Похибка закріплення згідно [2].с.41.Табл.12 Ез=30мкм;

$$Eу = \sqrt{50^2 + 30^2} = 58.3 мкм$$

Проміжні значення просторових відхилень згідно [1].с.73:

$$\Delta_E = \Delta_{ПП} \cdot k,$$

де Ку - коефіцієнт уточнення форми;

для чорнового розточування Ку=0,06;

для чистового розточування Ку=0,04;

для тонкого розточування Ку=0,06;

після чорнового розточування :

$$\Delta_{E2} = 0,06 \cdot 571 = 18.36 мкм;$$

після чистового розточування

$$\Delta_{E3} = 0,04 \cdot 571 = 12.24 мкм;$$

після шліфування :

$$\Delta_{E4} = 18.36;$$

Похибка установки заготовки на проміжних переходах: при чистовому розточуванні згідно [2].с.85:

$$E2 = 0,05 \cdot E1 + Eінд$$

Чорнове і чистове розточування проводиться з різних установок, тому похибка індексації Еінд=0;

$$E2 = 0,05 \cdot 306 = 15.3 мкм;$$

$$E3 = Eінд = 0;$$

Мінімальні значення припусків:

-шліфування:

$$2z_{min1}=2(20+20+12.24+0)=104.48мкм;$$

-чистове розточування:

$$2z_{min2}=2(40+40+18.36+15.3)=227.32\ мкм;$$

-чорнове розточування:

$$2z_{min3}=2(600+571+583)=3508\ мкм;$$

Розрахункові розміри, починаючи з кінцевого Ø $47H7^{+0,025}$, визначаємо за формулою:

$$D_{pi}=D_{pi}+1-2z_{mini}+1;$$

-для чистового розточування:

$$D_{p2}=30,025-0,104=29,921мм;$$

-для чорнового розточування:

$$D_{p3}=29.921 - 0,227=29.694мм;$$

-для заготовки:

$$D_{p4}=29.694-3.508=26.19мм;$$

Найбільші граничні розміри:

-готової поверхні:

$$D_{max1}=30,025мм;$$

-після чистового розточування:

$$D_{max2}=29.937\ мм;$$

-після чорнового розточування:

$$D_{max3}=29.854\ мм;$$

-заготовки:

$$D_{max4}=26.79мм;$$

Номінальні граничні розміри:

$$D_{mini}=D_{maxi}-б_i,$$

де бі-допуск на заданий розмір;

-готова поверхня:

$$б=0,025мм\ (за\ H7)\ D_{min1}=30.025-0,025=30мм;$$

-після чистового розточування:

б=0,16мм (по Н9) D_{min2}=29.937-0,16=29.777мм;

-після чорнового розточування: б=0,62мм (по Н14)

D_{min3}=29.854-0,62=29.234мм;

-заготовки:

б=1.6мм D_{min4}=26.79-1.6=25.19мм;

Мінімальні граничні значення припусків $z_{minпр}$ рівні різниці найбільших граничних розмірів виконуваного і попереднього переходів, а максимальні значення $z_{maxпр}$-відповідно різниці найменших розмірів:

-для шліфування:

$2z_{minпр1}$=30.025-29.937=0,088мм;

$2z_{maxпр1}$=30-29.777=0,223мм;

-для чистового розточування:

$2z_{minпр2}$=29.937-29.854=0,083мм;

$2z_{maxпр2}$=29.777-29.234=0,543мм;

-для чорнового розточування:

$2z_{minпр3}$=29.854-26.79=3.06мм;

$2z_{maxпр3}$=29.234-25.19=4.04мм;

Результати розрахунку заносимо в таблицю

Загальні припуски zomin і zomax визначаєм, як суму проміжних припусків:

$2z_{omin}$=0,088+0,083+3.06=3.231мм;

$2z_{omax}$=0,223+0,543+4.04=4.806мм;

Загальний номінальний припуск:

$2z_{оном}=2z_{omin}$+BDз-BDд,

де BDз і BDд-верхні відхилення по розмірах на заготовку і готову поверхню;

$2z_{оном}$=3.231+1.6-0,025=4.806мм;

$D_{оном}=D_{дном}-2z_{оном}$=30-4.806=25.194мм;

Перевірка правильності виконаних розрахунків:

$2z_{maxпр1}-2z_{min1}$=0,223-0,088=0,135; б2-б1=0,16-0,025=0,135;

$2z_{maxпр2}-2z_{min2}=0,543-0,083=0,46$; б3-б2=0,62-0,16=0,46;

$2z_{maxпр3}-2z_{min3}=3.04-2.06=0.98$; б4-б3=1.6-0,62=0.98;

На основі даних розрахунків будуємо схему графічного розташування припусків і допусків на обробку отвору.

Таблиця 1.8-Розрахунок припусків на механічну обробку поверхні 30

Технологічні переходи обробки поверхні	Елементи припуску,мкм				2Zmin, мм	δ, мм	Граничні розміри, мм		Граничні припуски, мм	
	Rz	T	ρ	E			dmin	dmax	2Zmin	2Zmax
Заготовка	580		571			1.6	25.19	26.79		
Розточ-ня:										
-чорнове	40	40	18.36	583	3.508	0,62	29.234	29.854	3.06	4.04
-чистове	20	20	12.24	15.3	0.083	0,16	29.777	29.937	0.083	0.543
Свердління тонке	5	10	18.36	0	0.088	0,025	30	30.025	0.088	0.223

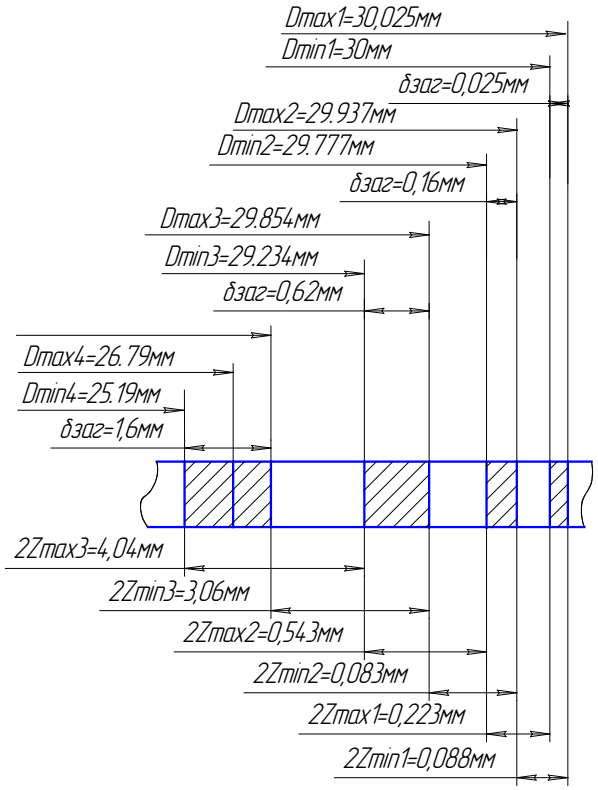


Рисунок 1.5.-Схема розміщення допусків і припусків на обробку поверхні 30

На решту поверхонь припуски і допуски назначаємо по таблицях.

Припуски вибираємо у відповідності з ДСТУ7505:2009, заносимо їх в таблицю.

Таблиця 1.9.-Табличні припуски на розміри «Корпус нижній НПО-22.05.01.007»

№пов.	Розмір, мм	Припуск, мм	Допуск, мм
1	2	3	4
1, 11,15,17	1.x45°	2·1.6	1.6
2	78±0,13	2,1*2	0.26
3	2,5x45°	2·3	0,03
4	Ø 68H9($^{+0,074}$)	2,2·2	0,074
5	21,6	1,9*2,1	0.74
10	165f9($^{-0,043}_{-0,143}$)	2,5*2	0,186

Необхідно вибрати припуски на розмір Ø 165 f9($^{+0,074}$). Максимальний діаметр заготовки, розрахований по ДСТУ7505:2009, становить Ø 170мм. Припуск на сторону становить 2,5 мм, отже припуск на діаметр – 5мм.

Встановлюємо допуск на розмір Ø 168 H9. Він становить 0.074. Отже кінцевий розмір: Ø 168 H9$^{+0,074}$.

По аналогії проводимо призначення припусків на інші поверхні.

1.5.2 Розрахунок режимів різання, основного та допоміжного часу

Проводимо розрахунок режимів різання розрахунково-аналітичним методом для чорнового розточування отвору Ø 30H7$^{+0,025}$:

Початкові дані:

-обладнання: токарний верстат з ЧПК мод. HAAS ST-25;

- інструмент: токарний різець

геометричні параметри: φ=45°; γ=0; λ=5°; α=12°; l=10мм; bxh=10x10мм; r=1мм;

матеріал заготовки **40Х ДСТУ 4543:2011**; 56 HRC; Gв=412мПа;

1)Довжина обробки l = 51 мм.

2)глибина різання рівна найбільшому припуску: t=h=3.117мм;

3)Вибираємо подачу: згідно [3], с. 267, табл. 12 S = 0,1 мм/об

4)період стійкості різця: при одно інструментальній обробці T = 60 хв ([3], ст. 279, табл. 30)

5)Швидкість різання при розточуванні вираховується по формулі:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v,$$

де: Cv = 420 ([1], ст. 269, табл. 17) – показник степеня;

m = 0,2 ([1], ст. 269, табл. 17) – показник степеня;

x = 0,15 ([1], ст. 269, табл. 17) – показник степеня;

y = 0,2 ([1], ст. 269, табл. 17) – показник степеня;

Враховуємо поправочний коефіцієнт ([3], ст. 270, табл. 17, Примітка), так як точіння внутрішнє: К = 0,9.

Kv - поправочний коефіцієнт на швидкість різання;

Kv = Kм · K_r ·Ki · K □· К

де: Км – коефіцієнт, який враховує оброблюваний матеріал;

Ki – коефіцієнт, який враховує інструментальний матеріал;

Kl – коефіцієнт, який враховує довжину отвору;

де: Kr – коефіцієнт , який характеризує групу сталі по оброблюваності;

nv – показник степеня;

σ B = 412 МПа – фактичні параметри, що характеризують оброблюваний матеріал.

Kr = 0,94 ([3], ст. 262, табл. 2);

nv = 1 ([1], ст. 262, табл. 2);

Кп = 0,8 ([1], ст. 263, табл. 5)

$$Км=1\cdot(750/412)^1=1,82;$$

Ki = 0,65 ([1], ст. 263, табл. 6);

К 0,7 ([1], ст. 271, табл. 18). $К_{φ1}$=1

$$Kv = 1,82 \cdot 0,94 \cdot 0,65 \cdot 0,7 \cdot 1 = 0,62$$

$$V=412\cdot0,62/51\cdot0,2\cdot3.117\cdot0,15\cdot0,1\cdot0,2=165,46м/хв$$

Частота обертів шпинделя, яка відповідає знайденій швидкості різання:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, хв^{-1};$$

$$n = \frac{1000 \cdot 165,46}{3,14 \cdot 47} = 480 хв^{-1};$$

Коректуємо частоту обертання згідно паспортних даних верстата

$$n=1250хв^{-1};$$

Дійсна подача

$$Sхв=So\cdot n=0,1\cdot 1250=125мм/хв.;$$

Згідно паспортних даних верстата при безступінчастому регулюванні подач дійсна подача становить: Sхв=125мм/хв.;

Сила різання:

$$Pz=10\cdot Cp\cdot t^{x}\cdot S^{y}\cdot V^{n}\cdot Kp, H$$

де: CP = 300 ([3], ст. 273, табл. 22) – коефіцієнт;

x = 1 ([3], ст. 273, табл. 22) – показник степеня;

y = 0,75 ([3], ст. 273, табл. 22) – показник степеня;

n = -0,15 ([3], ст. 273, табл. 22) – показник степеня

$$Кр = Кмр\ К_{□р}\cdot Кγр\ Кλр\ Крр\ ,$$

$$Кмр=(Gв/750)^{n}$$

де: σВ = 412 Мпа – фактичні параметри, що характеризують оброблюваний матеріал;

n = 0,75 ([3], ст. 264, табл. 9) –

Показник степеня.

$$Кмр=(412/750)=0,638;$$

$К_{□р}$ = 1 ([3], ст. 275, табл. 23);

Кγр = 1 ([3], ст. 275, табл. 23);

Кλр = 1 ([3], ст. 275, табл. 23);

Крр = 0,93 ([1], ст. 275, табл. 23).

$$Кр = 0,638\cdot 1\cdot 1\cdot 1\cdot 0,93 = 0,593;$$

$$Pz=10\cdot 300\cdot 3,117^{1}\cdot 0,1^{0,75}\cdot 156,67^{0,75}\cdot 0,593=246,39Н;$$

Потужність різання визначаємо за формулою:

$$Nріз=Pz\cdot V/1020\cdot 60=246,39\cdot 156,67/1020\cdot 60=0,631кВт;$$

Згідно знайденої потужності різання проводимо перевірку достатності потужності верстата за умовою:

$$Nріз<Nшп$$

$$N_{шп}=N_{дв}\cdot n,$$

де Nшп-потужність на шпинделі верстата, кВт;

Nдв-потужність двигуна верстата, кВт;

n-ККД верстата;

згідно паспортних даних верстата з ЧПК мод. HAAS ST-25;

$$N=10,2\text{кВт};\ n=0,75;\ N_{шп}=10,2\cdot 0,75=7,65\text{кВт};$$

в даному випадку Nріз<Nшп (0,631<7,65), отже потужність даного верстата достатня для механічної обробки на даних режимах;

Основний (машинний) час:

$$To=\frac{Lpp}{So\cdot n},хв;$$

де Lр.х.-довжина робочого ходу інструменту, мм;

$$L_{р.х.}=l_{різ.}+l1+l2,\ мм;$$

де lріз-довжина оброблюваної поверхні, мм; lріз=51мм;

l1+l2-величина врізання і перебігу інструменту, мм;

Згідно [4] l1+l2=5мм;

$$L = 20 + 5 = 25\ мм.$$

$$To=\frac{25}{0,1\cdot 1250}=0,21хв;$$

Всі результати заносимо в таблицю1.10

Таблиця1.10 Визначення режимів різання та основного часу

№ опер.	Назва операції № переходу	D/B, мм	L, мм	t, мм	S	V	n, об/хв	To, хв.
015	Токарна з ЧПК							
	1 Підрізати торець як чисто	165	63	2.1	0.7	128	600	0.15
	2 Обточити пов. до Ø 165	165	36	3	0.6	243	660	2.1
	3 Свердлити отвір на прохід	25	60	12,5	1.0	133	370	0.9
	4Розсвердлити отвір	45	20	20	0,6	84	200	0,14
	5Розточити пов.4	68	20	2.1	0.7	128	600	0.15
	6Розточити пов.6	50	10	2.6	1.0	124	200	0.5
	7Розточити пов.7	34	25	10	0.35	247	400	1,2
	9 Підрізати торець в розмір78	165	65	2.6	1.0	120	280	0.2
	10 Обточити пов. до Ø 165	165	25	1	1.0	129	370	0.14
020	Токарна з ЧПК							
	1 Обточити пов.	77	21.5	2.1	0.7	128	600	0.15
	Точити фаску 1 1х45^0	77	18	1.0	0.6	143	830	1.4
	3 Точити фаску 3 1х45^0	76	1.6	1.6	1.0	120	280	0.2
	4 Точити фаску 15 1х45^0	43	51	2.06	0.8	134	480	0.52
	5 Точити фаску 17 1х45^0	46.2	51	0.5	0.6	231	660	0.87
	Переустановити							
	6Розточити пов.3	68	54.5	1.6	0.7	143	370	0.65
	7Розточити пов.6	68	24	2	0.7	156	400	0.54
	8Розточити пов.6	57	12	1.6	0.8	167	400	0.35
	9Розточити пов.6	154	1.6	1.6	1.0	123	280	0.23
	10Розточити пов.6	34	1.6	1.6	1.0	141	280	0.19
	11Розточити фаску 1.8х45^0	30	7.3	1.7	0.8	154	400	0.54
	12Розточити пов.6	30	1.8	1.8	1.0	120	280	0.2
025	Свердлильна з ЧПК							
	1 Свердлити 8 отворів	16	25	8	20	176	480	16.5
	2 Зенкерувати 8 отв	16	25	0,2	18	32	40	12,3
	3 Свердлити 2 отв	10	33	5	32	143	630	0,8
	4Зенкерувати 2 отв	10	33	0,2	18	30	40	0,62
	5 Розвертати 2 отв	10	33	0,1	0.8	6,5	31	1.7
	Свердлити отв. до Ø 30 напрохід	5.2	18	0.2	16	3	-	4.5
030	Вертикально-фрезерна							
	Фрезерувати пов32	20	90	8	0.8	156	800	1.5

1.5,3 Аналіз точності обробки поверхні $Ø165_{-0,08}$

Обробка поверхні $Ø165_{-0,08}$ проводиться на токарному верстаті з ЧПК мод. HAAS ST-25;

Матеріал деталі 40Х ДСТУ 4543:2011, $\sigma_в$=1000 МПа. Деталь закріплюють в самоцентруючому патроні на розтиск. Інструмент – Різець упорний прохідний (Різець2103-0007 Т5К10 ДСТУ18879:2003), різальна частина – твердий сплав Т5К10 із геометрією: φ=45º, ά=8º, γ=0º, λ=0º.

Основними похибками, що виникають при точінні циліндричної поверхні і впливають на точність її розміру, замикаючої ланки технологічного ланцюга є:

$\Delta в$ – похибка форми від геометричної неточності верстата в радіальному напрямку

$$\Delta в = \Delta' в + \Delta'' в ,$$

Де: $\Delta' в$ – похибка зумовлена радіальним биттям шпинделя в основному напрямку;

$\Delta'' в$ – похибка, зумовлена відхиленням паралельності осі шпинделя і напрямними станини в горизонтальному напрямі;

$\Delta н$ – похибка настроювання системи ВПІД на отримування заданого розміру. При багаторазовому настроюванні вона має випадковий характер проявлення в часі;

$\Delta у$ – похибка від зміни величини деформації системи ВПІД внаслідок зміни сил різання, викликаних зміною механічних властивостей оброблюваного матеріалу і глибини різання від t_{max} до t_{min}.

Оскільки деталь жорстка то зміни податливості системи по довжині обробки нехтуємо.

$\Delta у$ – випадкова похибка.

$\Delta і$ – похибка від розмірного спрацювання різця, береться зі знаком „-”, систематична, закономірно-змінна;

$\Delta Т$ – похибка від теплової деформації різця, береться зі знаком „+”, систематична, закономірно-змінна.

Похибка форми для розрахунку похибок, значення параметрів, від яких залежать похибки, та джерела інформації , а також результати розрахунку похибок зведені в таблиці

Таблиця 1.11 – Розрахунок похибок обробки Ø165($_{-0,08}$)

Ф-ли та роз-к похибок обробки (на радіус)	Пар-и, що впливають на похибку обробки	Значення параметрів та джерело інформації
1	2	3
$\Delta'_{b_R} = a'/2 = 8/2 =$ =4 мкм	a' – постійність діаметра зразка в поперечному перетині, мм; a'' – постійність діаметра зразка в повздовжньому перетині, мм;	a' =8 мкм. a'' =20 мкм ([2]ст. 40)
$\Delta''_{b_R} = a''/2 = 0,02/2 =$ =0,01 мм		
$\Delta_{b_R} = \Delta'_{b_R} + \Delta''_{b_R} = 4 +$ +10=0,014 мм		
$\Delta н_R = \sqrt{\left(\frac{\Delta вим}{2}\right)^2 + \Delta p^2} = \sqrt{\left(\frac{0,005}{2}\right)^2 + 0,005^2} =$ $= 0,006$	$\Delta_{вим}$ – похибка вимірювання, мм; $\Delta_р$ – похибка регулювання положення різця, мм.	$\Delta_{вим}$=0,005 мм – мікрометр ([5]ст. 568) $\Delta_р$=0,005 мм– точність позиціювання верстата з ЧПК ([3]ст. 71)
$\Delta_{y_R} = 11 \cdot C_p \cdot S^{y_{py}} \cdot V^{n_{py}} \cdot \times$ $\times K_p \cdot \left(t_{\max}^{x_{py}} - t_{\min}^{y_{py}}\right) \cdot \omega =$ $= 11 \cdot 243 \cdot 0,8^{0,6} \cdot 336^{-0,3} \cdot \times$ $\times 1 \cdot \left(0,5^{0.9} - 0,33^{0.6}\right) \cdot 0,0235 =$ $= 2 мкм = 0,002 мм$	t_{max}, t_{min}, S, V – режими різання; $К_р$ – поправочний коефіцієнт; $Ср_у$, $Ур_у$, $n_{ру}$, $Хр_у$– коефіцієнт і показники степеня для визначення $Р_у$; Ру – нормальна складова сили різання, Н; ω – податливість системи ВПІД, мкм/Н;	t_{max}=0,5 мм, t_{min}=0,33 мм, S=0,8 мм/об дані отримані на попередніх етапах розробки процесу обробки; $Ср_у$=243; $Хр_у$=0,9; $Ур_у$=0,6; $n_{ру}$=-0,3; ([3], ст. 273, табл. 22) $К_р$=1, ω=0,0235 мкм/Н – податливість верстату Податливістю деталі нехтуємо.

1	2	3
$\Delta_{м.н._R} = 1{,}2\sqrt{\Delta_м^2 + \Delta_y^2} + \Delta_в =$ $= 1{,}2\sqrt{0{,}006^2 + 0{,}002^2} + 0{,}014 =$ $= 0{,}02 мм$ $\Delta_{м.н.} = 2 \cdot \Delta_{м.н._R} = 2 \cdot 0{,}02 =$ $= 0{,}04\ мм$	$\Delta_{м.н.}$ – похибка миттєвого розсіювання розміру з урахуванням похибки настроювання з розрахунку на діаметр оброблюваної поверхні;	
$\Delta_i = u_o\left(1 + \frac{V \cdot \tau}{1000}\right) =$ $= 4\left(1 + \frac{164{,}5 \cdot \tau}{1000}\right) =$ $= 4(1 + 0{,}1645\tau)$	τ – час обробки, хв; u_o – відносне спрацювання різця, мкм/км.	τ – змінна величина; u_0 =4 мкм/км;
$\Delta_T = C \cdot \frac{L_p}{F} \cdot V^{0,78} \cdot S^{0,72} \cdot t^{0,5} \times$ $\frac{T_0}{T_0 + T_{пер}}\left(1 - l^{\frac{-4\tau}{\tau \cdot m}}\right) =$ $= 4{,}5 \cdot \frac{40}{625} \cdot 164{,}5^{0,78} \cdot 0{,}8^{0,72} \times$ $0{,}33^{0,5} \cdot \frac{0{,}07}{0{,}07 + 0{,}02}\left(1 - e^{\frac{-4\tau}{16}}\right) =$ $= 5{,}8\left(1 - e^{-\frac{\tau}{4}}\right)$	C – константа; L_p і F – виліт різця в мм і площа поперечного перерізу його державки, мм^2; t, S, V – режими різання; T_o, $T_{пер}$ – основний час обробки і тривалість перерв між обробкою кожної деталі, хв; τ_m – константа, змінюється в межах 12-24 хв.	C=4,5; V=164,5 м/хв; t=0,33мм; S=0,8 мм/об; L_p=40 мм; $F = hB = 25 \cdot 25 = 625\ мм^2$ T_o=0,07 хв. $T_{пер}$=0,02хв; τ_m=16.

Таблиця1.12 -Результати розрахунку систематичної похибки в мкм.

τ, хв	0	1	2	4	8	10	20
Δ_i	8	9,312	10,62	13,24	18,49	21,12	34,24
Δ_T	0	1,29	2,30	3,69	5,06	5,37	5,81
$\Delta_{сист}=2(\Delta_T-\Delta_i)$	16	16,03	16,68	19,09	26,87	31,49	56,85

З діаграми визначаємо технологічну стійкість інструмента T_T=20 хв. Оскільки економічна стійкість T_e інструмента становить 20 хв., $T_e<T_T$, то загальна похибка обробки (за діаграмою) $\Delta_{сум}$=0,080 мм.

Настроюваний розмір $d_{настр}$ при симетричному розташуванні поля розсіювання становить

$$d_{настр} = d_{\min} + \Delta_{сис.min} + 0{,}5\Delta_{Н.П} = 164.936 мм,$$

$\Delta_{сист\ min}$ – найменше значення систематичної похибки, $\Delta_{сист\ min}$ =0,006 мм;

Питомий вклад C_j первинних похибок обробки в загальному похибку визначимо за формулою

$$C_j = \frac{\Delta_j}{\Delta_{сум}} \cdot 100\%$$

де Δ_j – величина j-ї похибки.

Таблиця 1.13- Результати розрахунку.

Позначення похибки Δ_j	$\Delta_в$	$\Delta_н$	$\Delta_у$	$\Delta_{м.н.}$	$\Delta_і$	$\Delta_Т$	$\Delta_{сист}$
Значення похибки Δ_j, мм	0.014	0.006	0.002	0.02	0,034	0.006	0.029
C_j, %	35	15	5	50,0	85	15	73

З гістограми похибок встановлюємо, що домінуючою похибкою обробки є похибка миттєвого розсіювання розміру з урахуванням похибки настроювання з розрахунку на діаметр оброблюваної поверхні.

Можливі основні заходи по підвищенню надійності забезпечення точності обробки–використання МОР і інструмента з вищою стійкістю.

1.5.4 Розробка карти налагодження та КП на верстаті з ЧПК

Розробка керувальних програм (КП) для верстатів з ЧПК виконується з використанням коду (мови програмування) ISO 7-bit. На сьогодні цей код (відомий також як G-код) є фактично основним засобом розробки керуючих програм для сучасних верстатів з ЧПК. Разом з тим, залежно від типу, будови й заводів-виробників верстатів та їх систем ЧПК, можуть бути певні особливості в технології розробки керуючих програм. Ці особливості обов'язково відображаються у супровідній технічній документації. Для кожної операції механічної обробки розробляють свою керуючу програму. Таким чином, початковими даними для розробки керуючої програми є креслення деталі та технологічний процес механічної обробки. Текст готової програми вводиться в пристрій ЧПК за допомогою його клавіатури або записується з ПК на USB-флеш-накопичувач для подальшого введення в пристрій ЧПК. Підготовчі функції (G-функції) визначають режим і умови роботи системи ЧПК і верстата. Більшість підготовчих функцій є однаковими для різних систем ЧПК. Усі підготовчі функції поділено на групи. G-функції, які належать до певної групи, взаємно модальні, тобто діють до відміни G-функцією з тієї ж групи. В кадрі може бути представлена лише одна G-функція зі своєї групи. Але, разом з тим, у кадрі можуть бути декілька G-функції з різних груп.

1.5.5 Нормування технологічного процесу

Технічні норми часу в умовах середньосерійного виробництва визначаються розрахунково аналітичним методом. Для розрахунку використовуємо нормативи [17].

Проведемо нормування токарної з ЧПК операції 020

1 Основний час на нормовану операцію розрахований в пункті розрахунок режимів різання і основного часу T_O=0,7 хв.

2 Визначаємо допоміжний час $T_{ДОП}$, хв.

$$T_{ДОП} = T_{УСТ} + T_{ВИМ} + T_{ПЕР}$$

$T_{УСТ} = 2{,}5\,хв.$ – час на установку і зняття деталі ([17], стор. 39, К6);

$T_{ВИМ}$ – час на вимірювання, хв.

$$T_{ВИМ} = t_{ВИМ} \cdot K_{tb} \cdot i = 0{,}17 \cdot 0{,}6 \cdot 2 = 0{,}204\,хв.$$

$K_{tb} = 0{,}6$ – коефіцієнт вибірковості ([17], стор. 200, К87);

i – кількість проходів;

$T_{ПЕР}$ – час на перехід;

$$T_{ПЕР} = t_{ПЕР1} + t_{ПЕР2} + t_{ПЕР3} + t_{ПЕР4} = 0{,}1 + 0{,}07 + 0{,}06 + 0{,}07 = 0{,}3\,хв.$$

$t_{ПЕР1} = 0{,}1$ (хв.) – час, зв’язаний з переходом;

$t_{ПЕР2} = 0{,}07$ (хв.) – час на зміну числа обертів;

$t_{ПЕР3} = 0{,}06$ (хв.) – час на зміну подачі;

$t_{ПЕР4} = 0{,}07$ (хв.) – час на зміну інструменту ([17], стор. 64, К18);

Отже,

$$T_{ДОП} = 2{,}5 + 0{,}204 + 0{,}3 = 3{,}004\,хв.$$

3 Визначаємо оперативний час $T_{ОП}, хв.$

$$T_{ОП} = T_O + T_{ДОП} = 0{,}7 + 3{,}004 = 3{,}704\,хв.$$

4 Час на обслуговування робочого місця $T_{ОБС}, хв$

$$T_{ОБС} = \frac{T_{ОП} \cdot a_{ОБС}}{100} = \frac{3{,}704 \cdot 3{,}5}{100} = 0{,}13\,хв.$$

$a_{ОБС} = 3{,}5\%$ – процент часу від $T_{ОП}$ на обслуговування робочого місця ([17], стор. 70, К 19);

5 Час на відпочинок і особисті потреби

$$T_{ВІД} = \frac{T_{ОП} \cdot a_{ВІД}}{100} = \frac{3{,}704 \cdot 4}{100} = 0{,}15\,хв.$$

$a_{ВІД} = 4\%$ – процент від оперативного часу на відпочинок і особисті потреби ([17], стор. 202, К 88);

6 Розрахунок норм штучного часу $T_{ШТ}, хв.$

$$T_{ШТ} = T_{ОП} + T_{ОБС} + T_{ВІД} = 3{,}704 + 0{,}13 + 0{,}15 = 3{,}984\,хв.$$

7 Підготовчо-заключний час на партію деталей: $T_{ПЗ} = 21хв$ ([17], стор. 70, К 19).

8 Розрахунок норм штучно-калькуляційного часу $T_{ШТ-К}, хв$

$$T_{ШТ-К} = T_{ШТ} + \frac{T_{ПЗ}}{n} = 3{,}984 + \frac{21}{90} = 4{,}21хв.$$ n=90 – число деталей в партії;

1.5.6 Техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу.

1) Коефіцієнт використання матеріалу заготовки:

Км баз=0,744; Кмпр=0,744;

2) Планова річна економія основного матеріалу:

$Ем=Мд \cdot N \cdot (Кмпр^{-1} - Кмбаз^{-1})$, кг;

$Ем=14 \cdot 798(0{,}744-0{,}744)=0;$

3) Трудомісткість процесу за штучним часом:

∑Тшт.баз.=141,33хв; ∑Тшт.пр.=29,06хв;

4) Планова річна економія часу:

Ет=(∑Тшт.баз.-∑Тшт.пр.) ·N, хв.;

Ет=(141,33-29,06) ·798=89591,46 хв.; Ет=1493,19 год.;

5) Коефіцієнт використання верстатів за основним часом:

$$Ко = \frac{\sum To}{\sum Tшт}$$

$$Кобаз = \frac{54{,}02}{141{,}33} = 0{,}382;$$

$$Копр = \frac{22{,}664}{29{,}06} = 0{,}779;$$

6) Коефіцієнт використання верстатів за потужністю:

$$K_n = \frac{\sum Np}{\sum Nв}$$

$$K_n баз = \frac{2,4 + 2,1 + 2,8 + 2,4 + 2,1 + 1,1 + 0,2}{15 + 15 + 15 + 13,5 + 4,5 + 4,5 + 4,5} = 0,18;$$

$$K_n пр = \frac{4,2 + 3,1 + 3,2 + 3,6 + 0,9 + 0,7}{15 + 22 + 22 + 10,2 + 4,5 + 4,5} = 0,2;$$

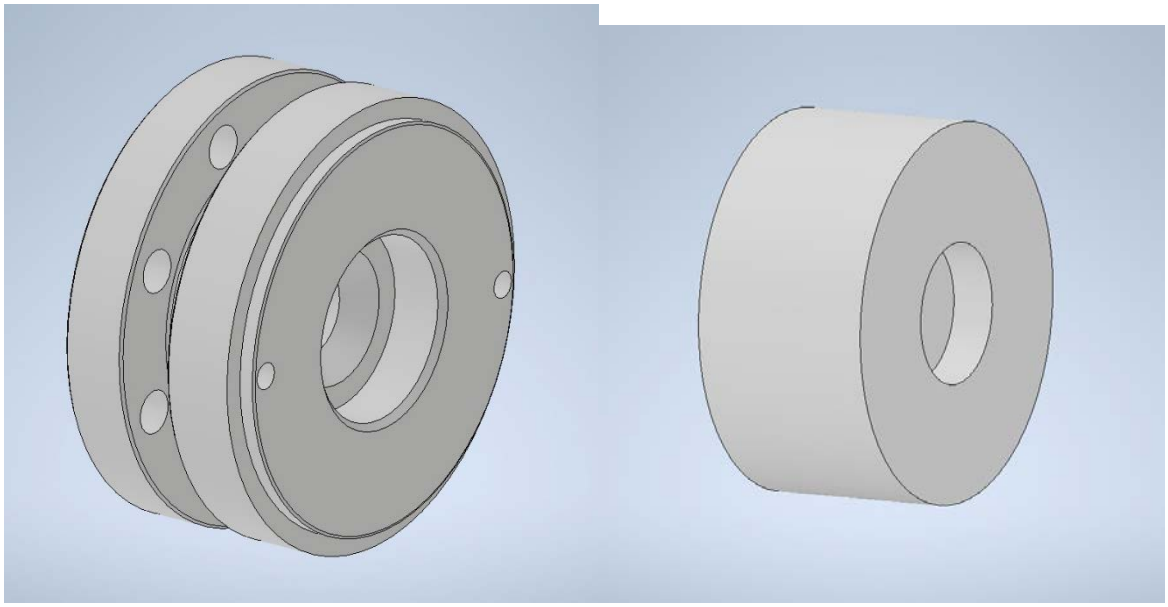
Таблиця 1.14.-Порівняння варіантів технологічного процесу механічної обробки деталі

Найменування показників	базовий варіант	проектний варіант
1) Коефіцієнт використання матеріалу $К_{в.м.}$	0,44	0,23
2) Планова річна економія основного матеріалу Ем, кг	-	0
3) Трудомісткість процесу за штучним часом $\sum Т_{шт}$	141,33	29,06
4) Планова річна економія часу Ет, год	-	1493,19
5) Коефіцієнт використання верстатів за основним часом Ко	0,382	0,779
6) Коефіцієнт використання верстатів за потужністю $К_N$	0,18	0,2

2 Розроблення керуючої програми для верстата з ЧПК

Для розроблення керуючих програм обробки корпуса на верстаті з ЧПК була використана програмна система PowerMill від компанії AutoDesk.

Перед виконанням необхідних дій в програмі PowerMill були побудовані в програмі AutoDesk Inventor 3D- моделі деталі та заготовки (рис. 2.1, а), б)).



а) б)

Рисунок 2.1 – 3D-моделі деталі (а) та заготовки (б)

Побудовані моделі були імпортовані в систему PowerMill в універсальному форматі «*.igs» (рисунок 2.2).

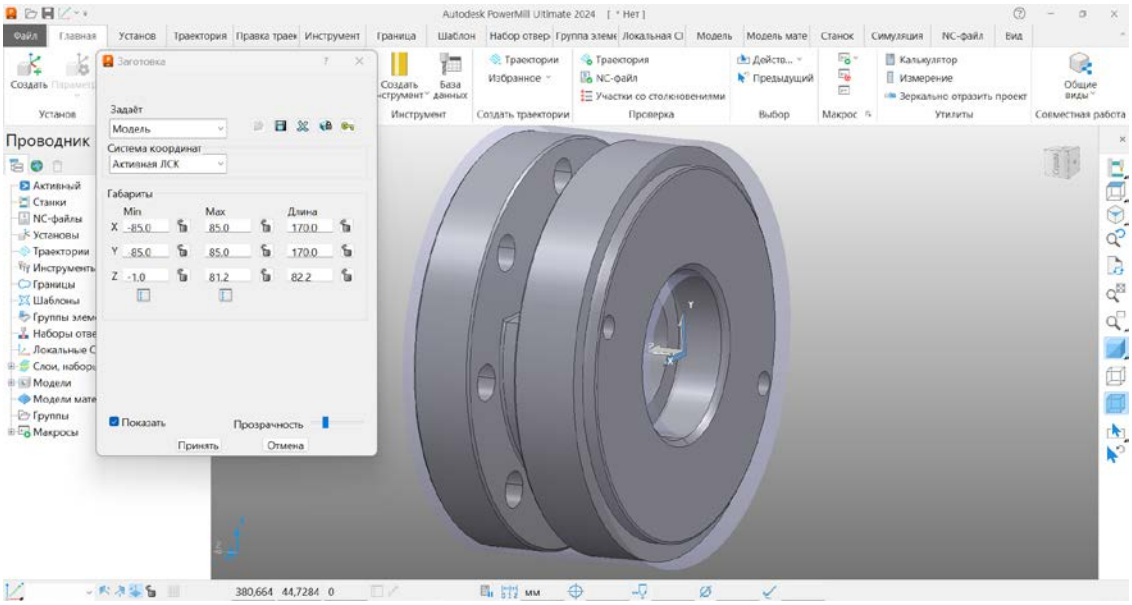


Рисунок 2.2 – Модель корпуса, імпортована в систему PowerMill та вибір способу задання заготовки

Проектування траєкторій обробки поверхонь стакана на верстаті з ЧПК (операції 015 та 020) подано на рисунках 2.3 – 2.18. Керуючі програми обробки наведені в Додатку.

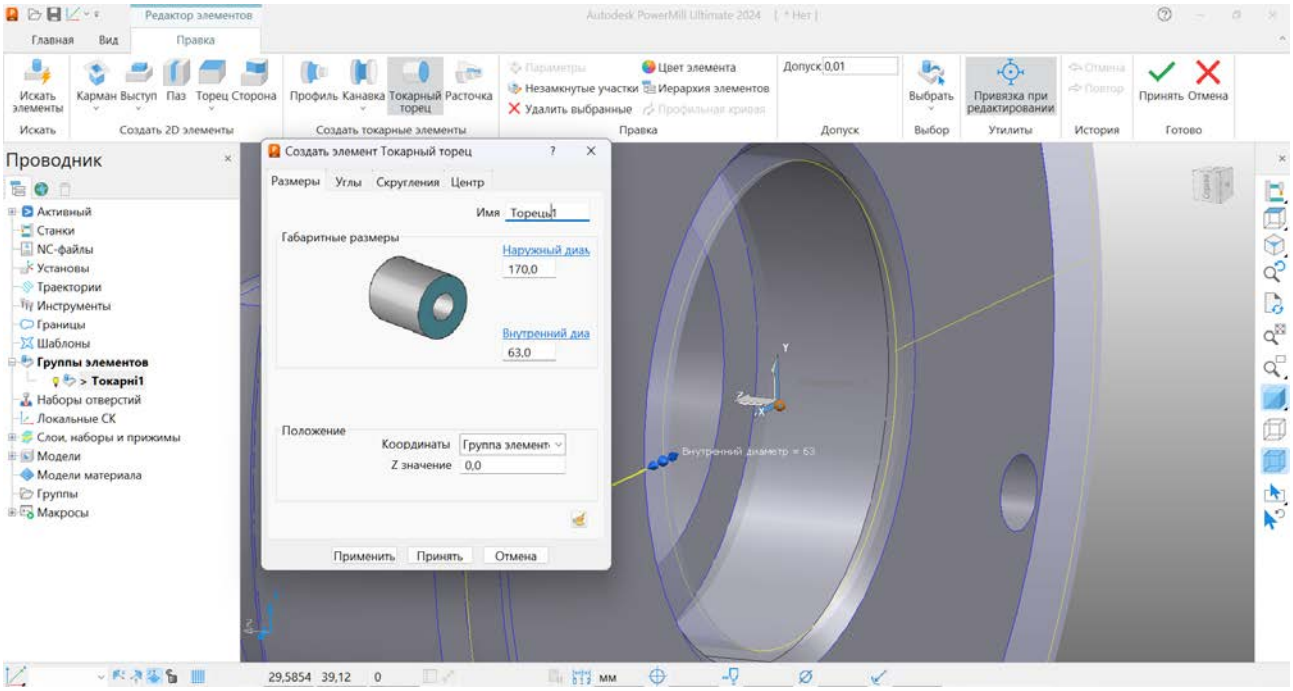


Рисунок 2.3 – Створення елемента «Токарний торець»

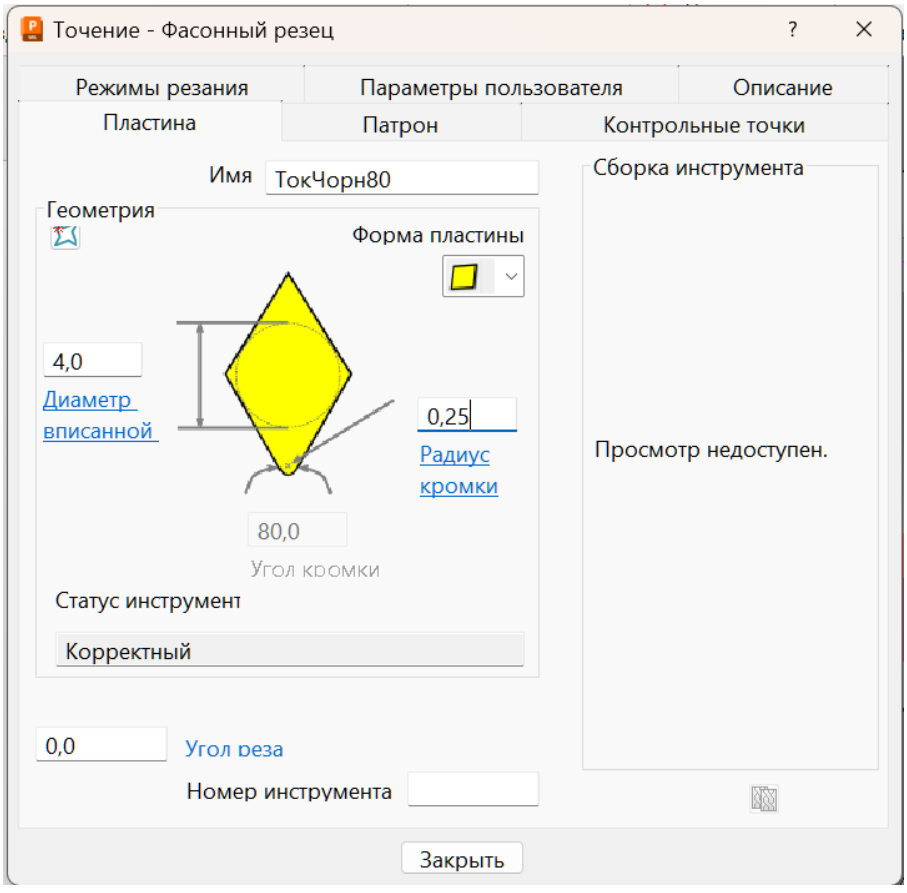


Рисунок 2.4 – Створення моделі чорнового різця

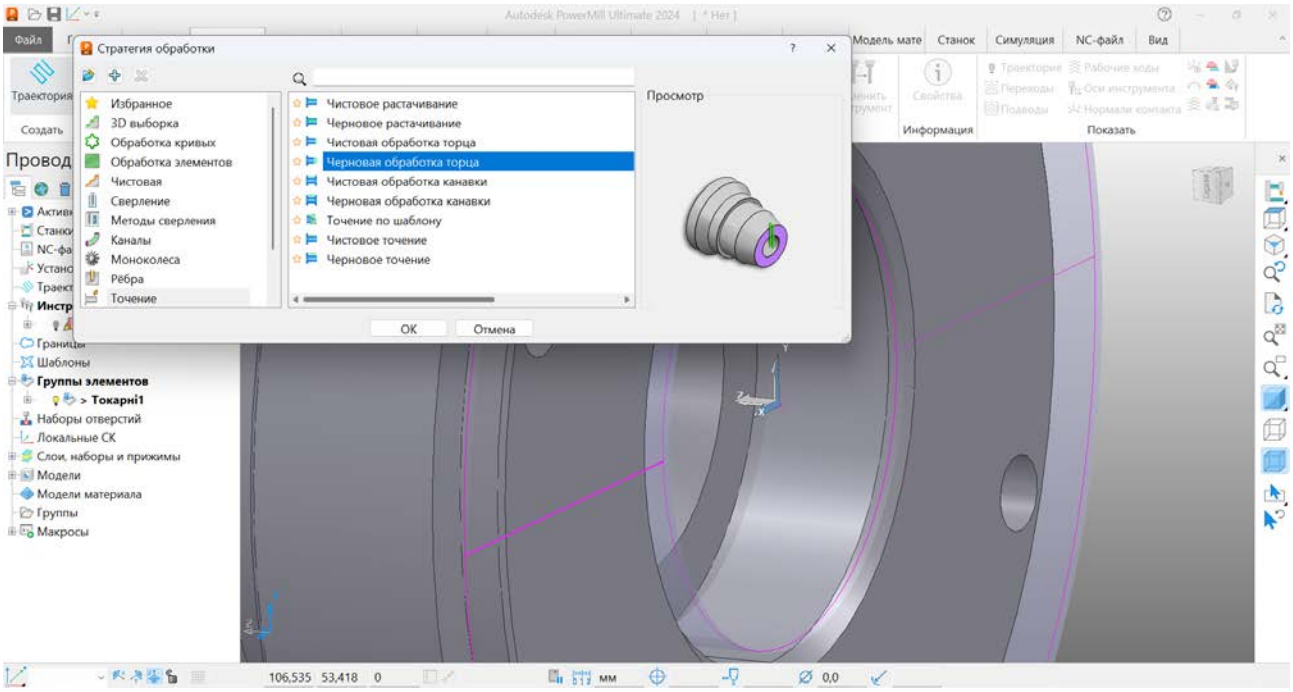


Рисунок 2.5 – Вибір стратегії обробки

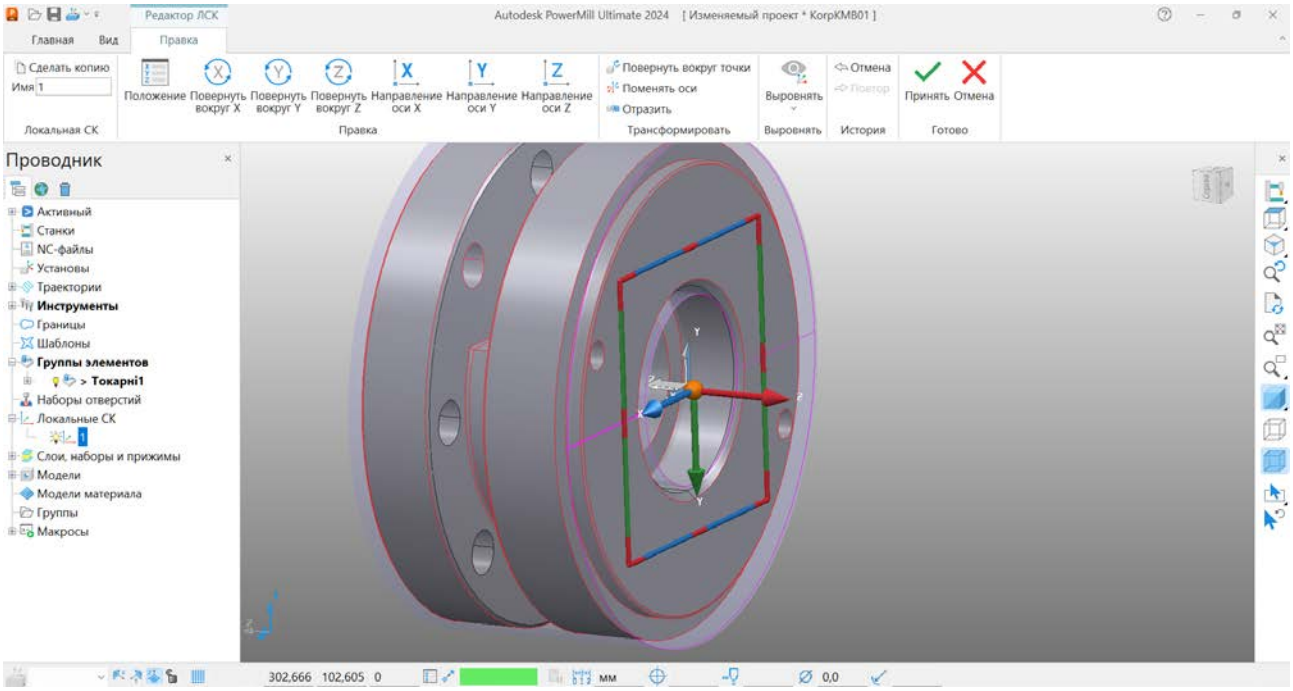


Рисунок 2.6 – Створення локальної системи координат

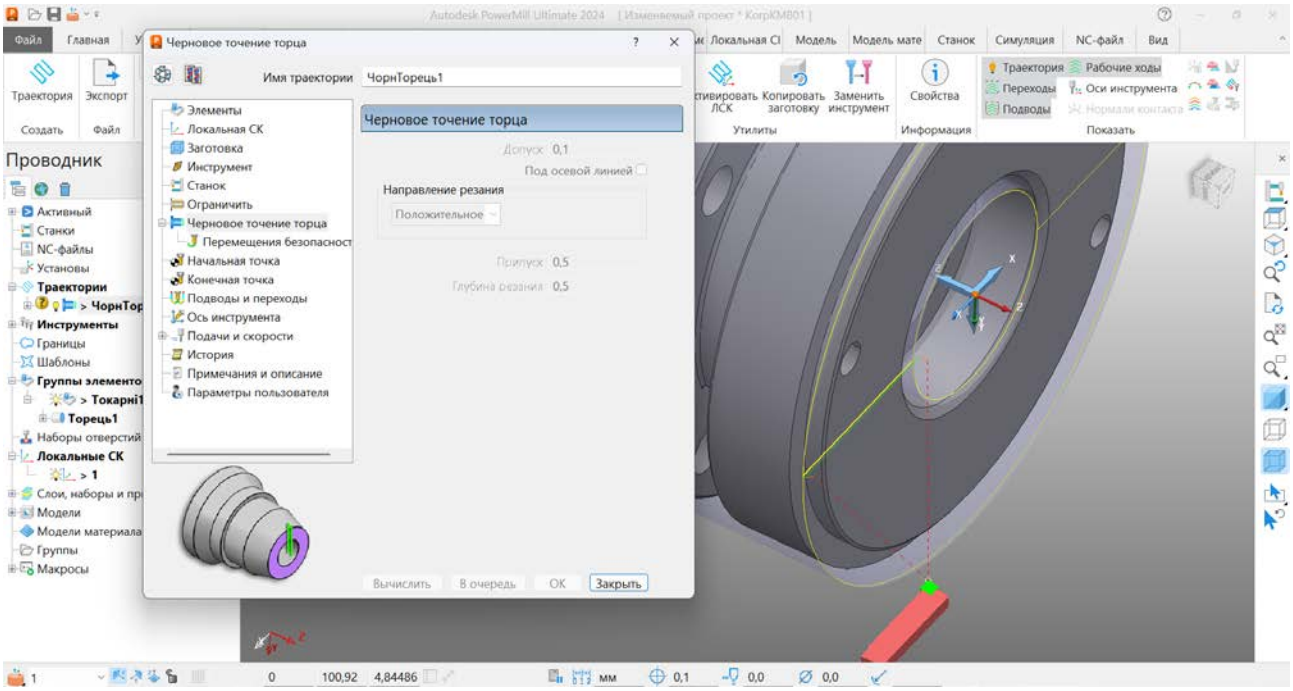


Рисунок 2.7 – Проектування чорнового точіння торця

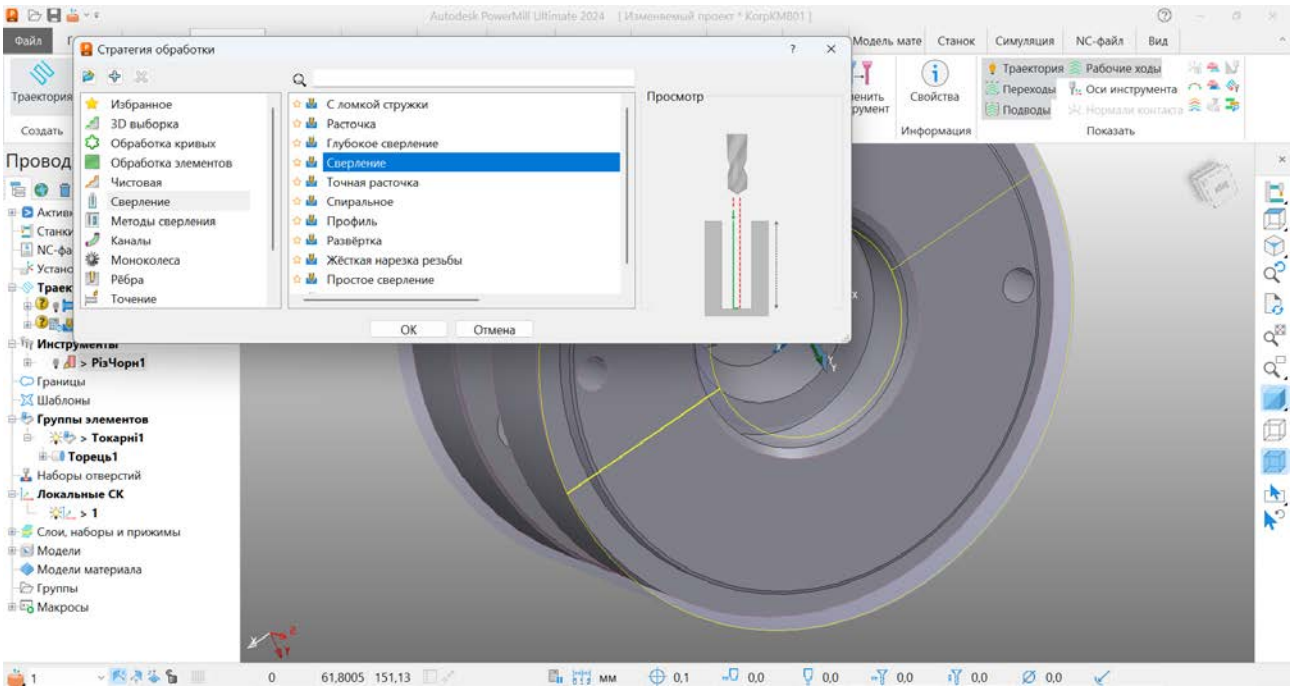


Рисунок 2.8 – Вибір стратегії обробки

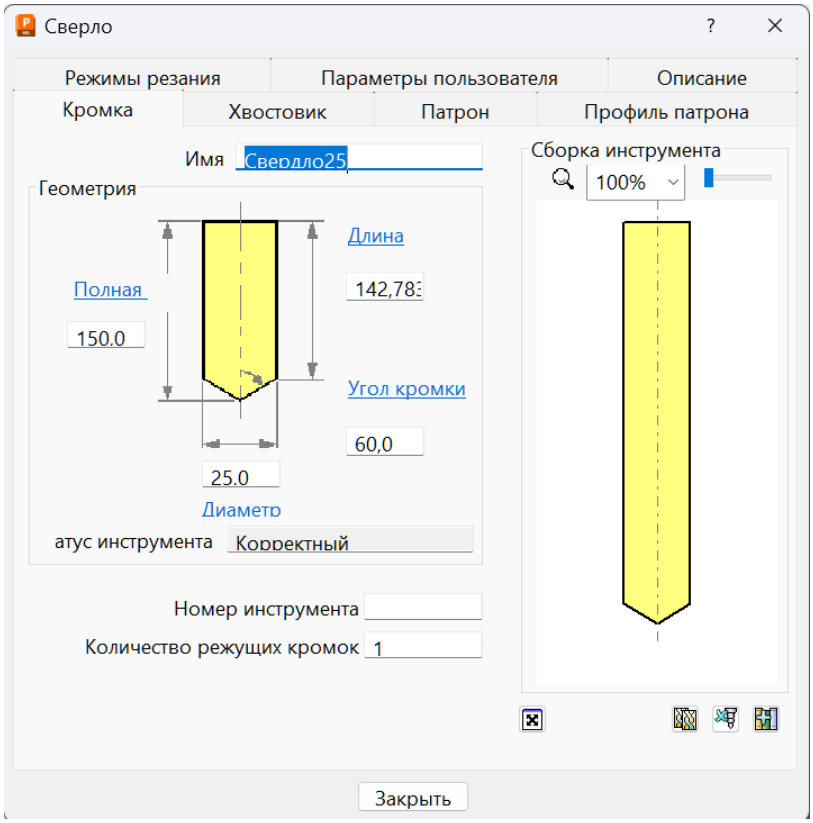


Рисунок 2.9 – Створення моделі свердла

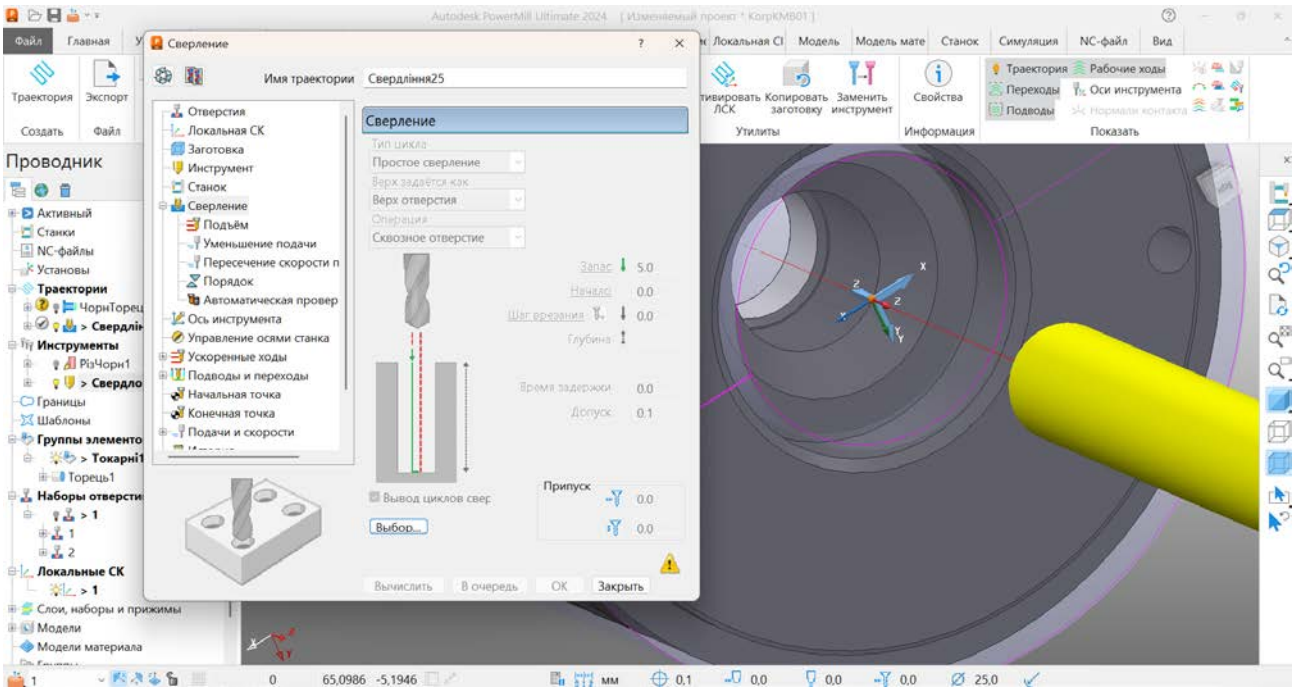


Рисунок 2.10 – Проєктування свердління

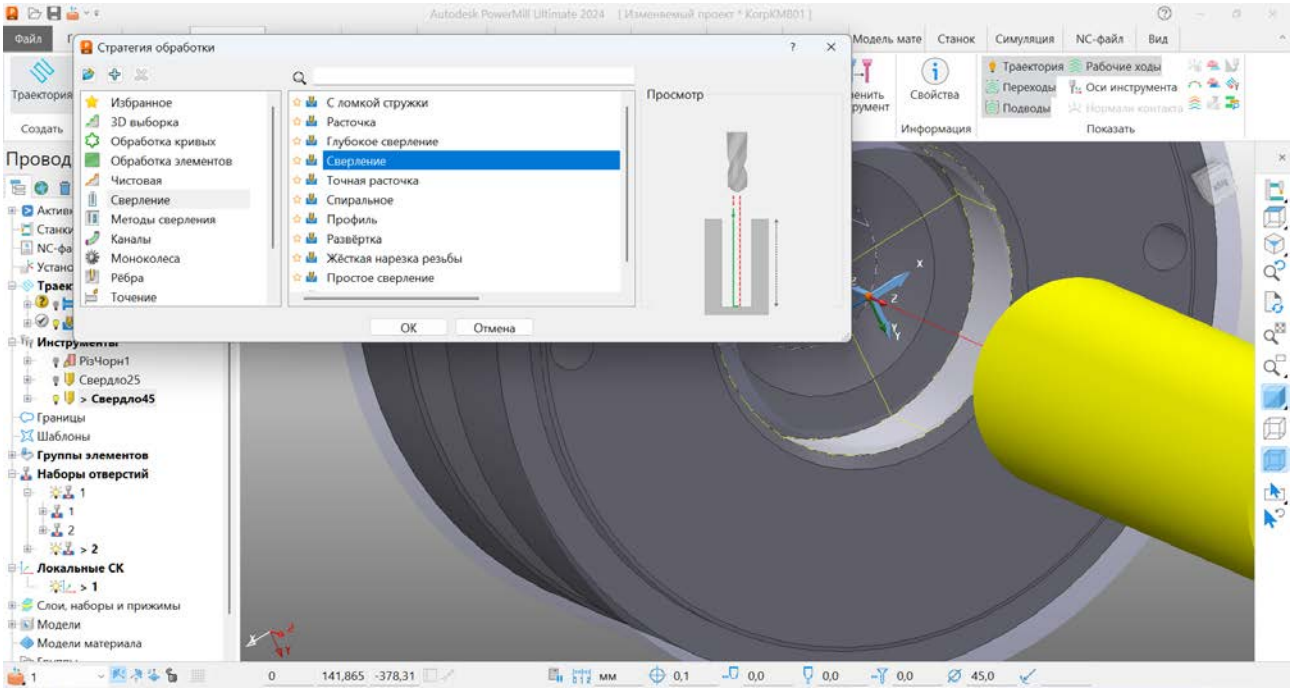


Рисунок 2.11 – Вибір стратегії обробки

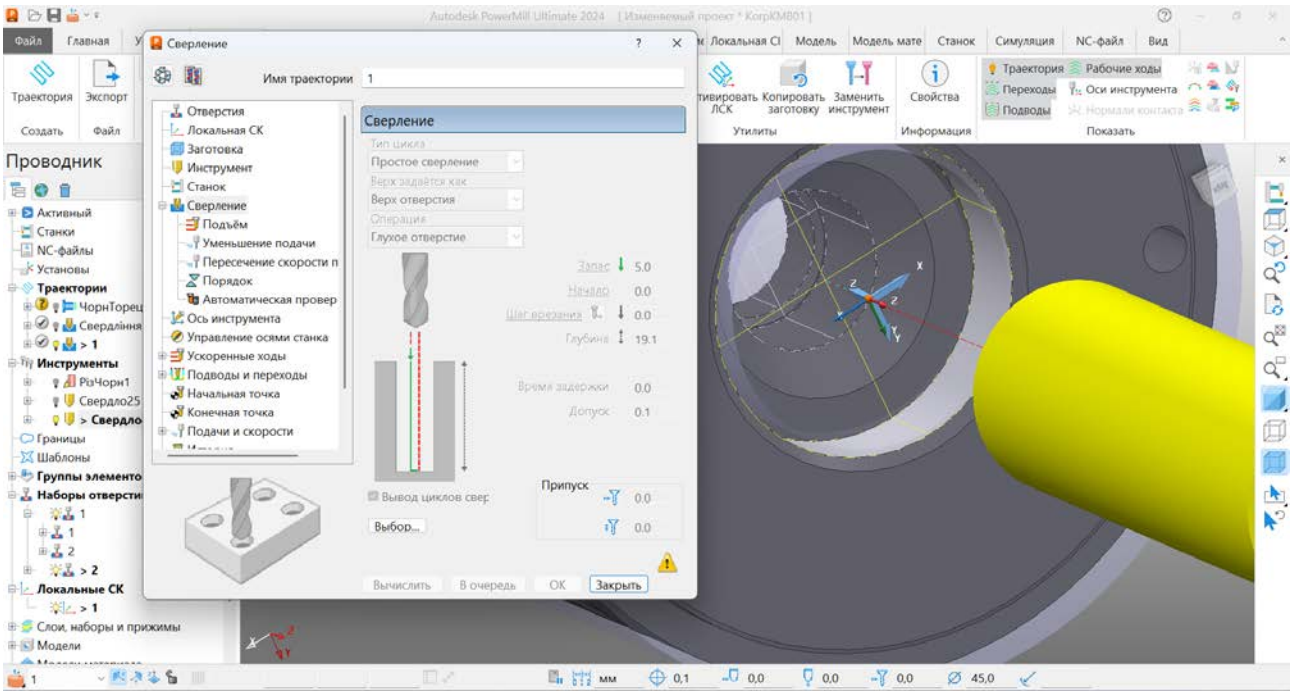


Рисунок 2.12 – Проєктування свердління

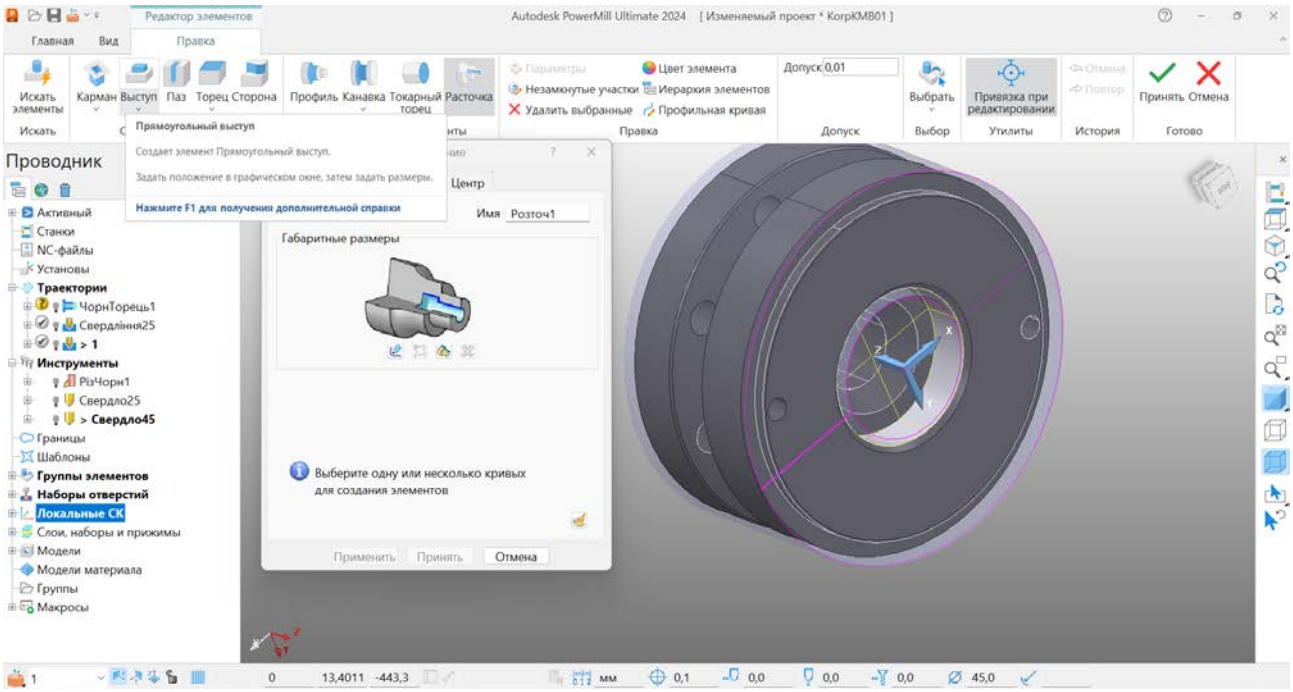


Рисунок 2.13 – Створення елементу «Розточування»

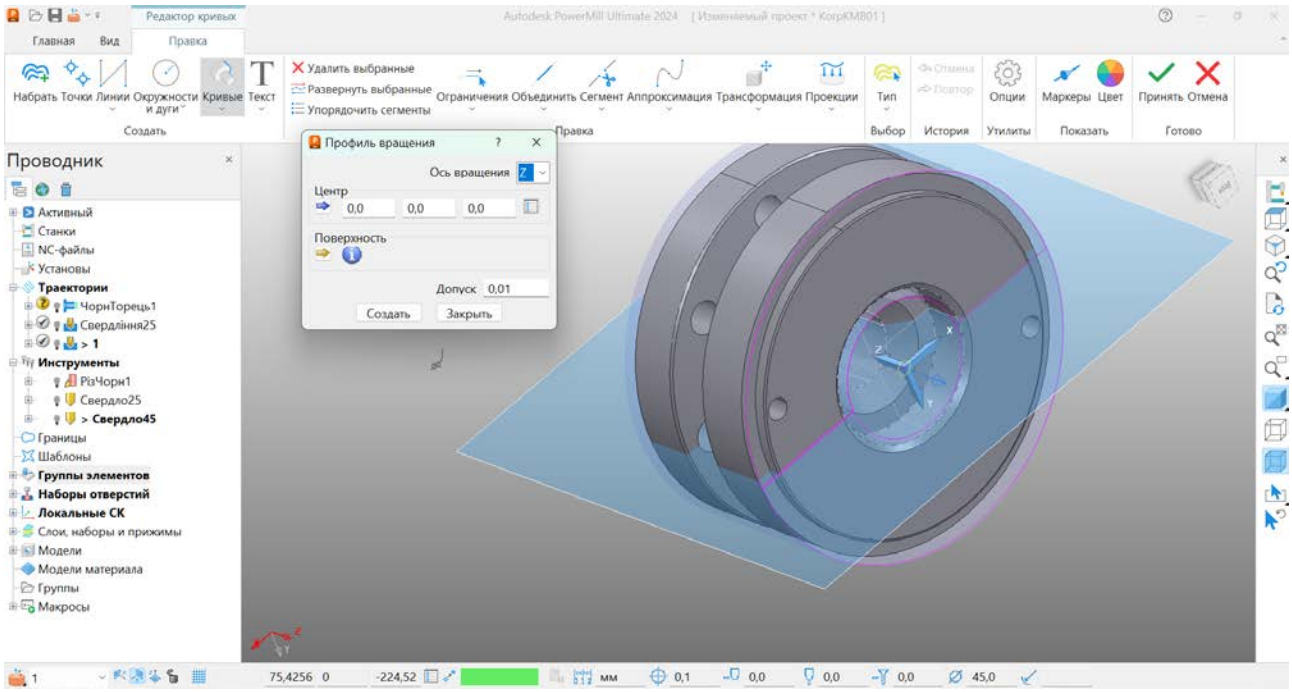


Рисунок 2.14 – Осьовий перетин площиною

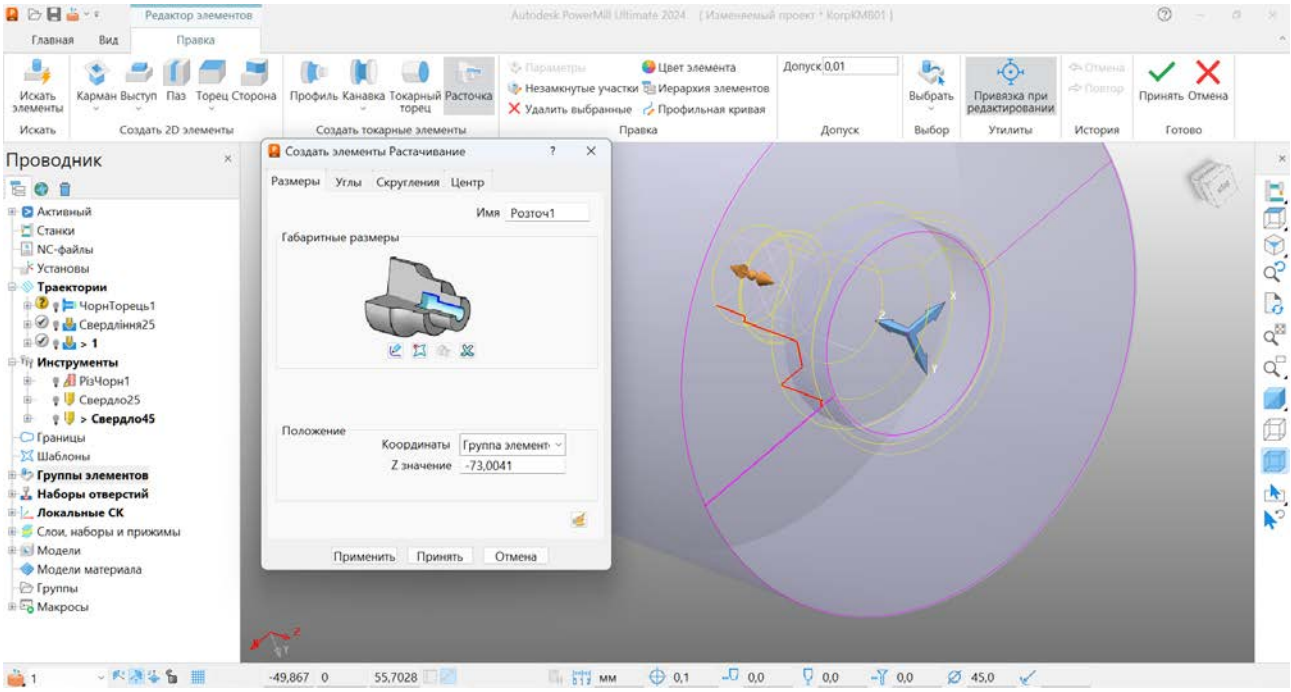


Рисунок 2.15 – Вибір контуру обробки

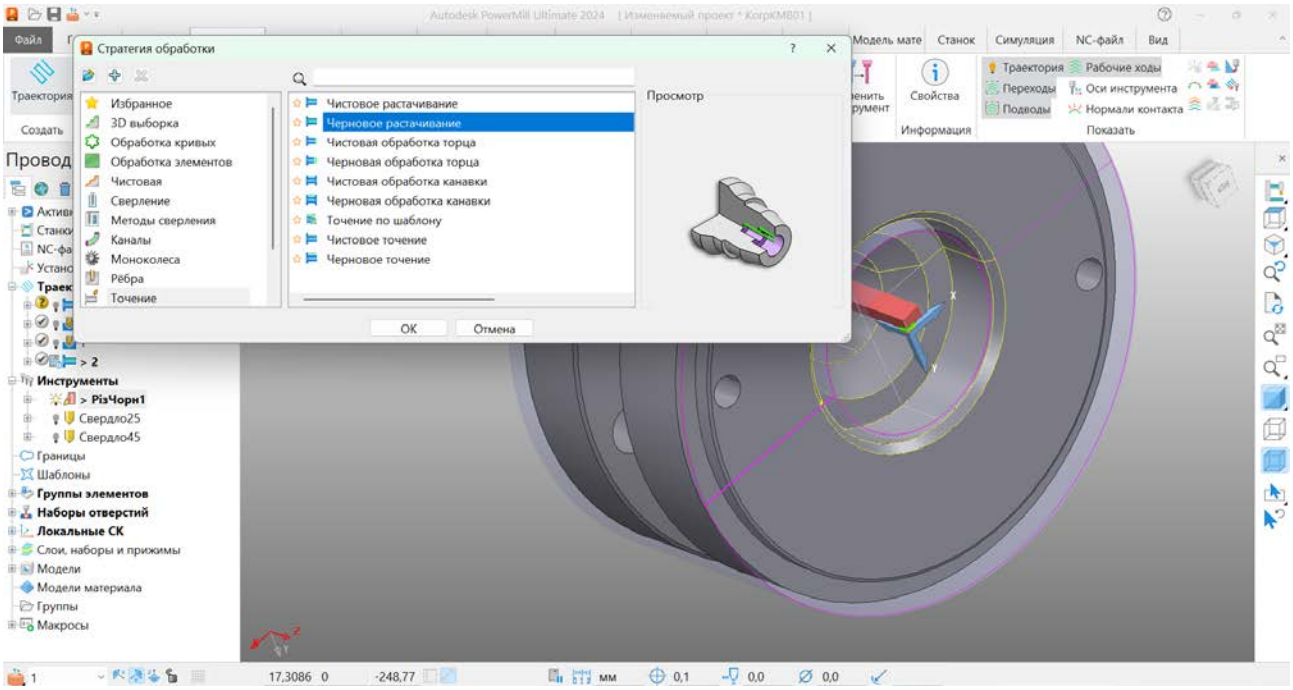


Рисунок 2.16 – Вибір стратегії обробки

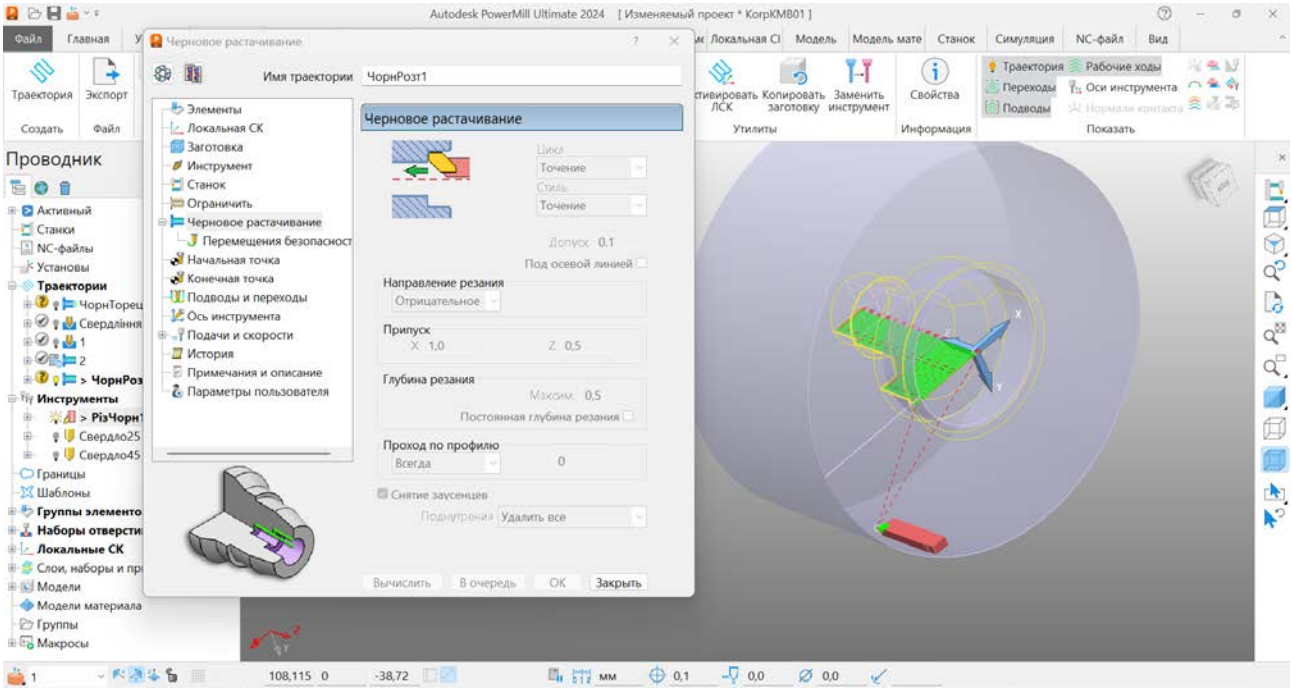


Рисунок 2.17 – Проєктування розточування

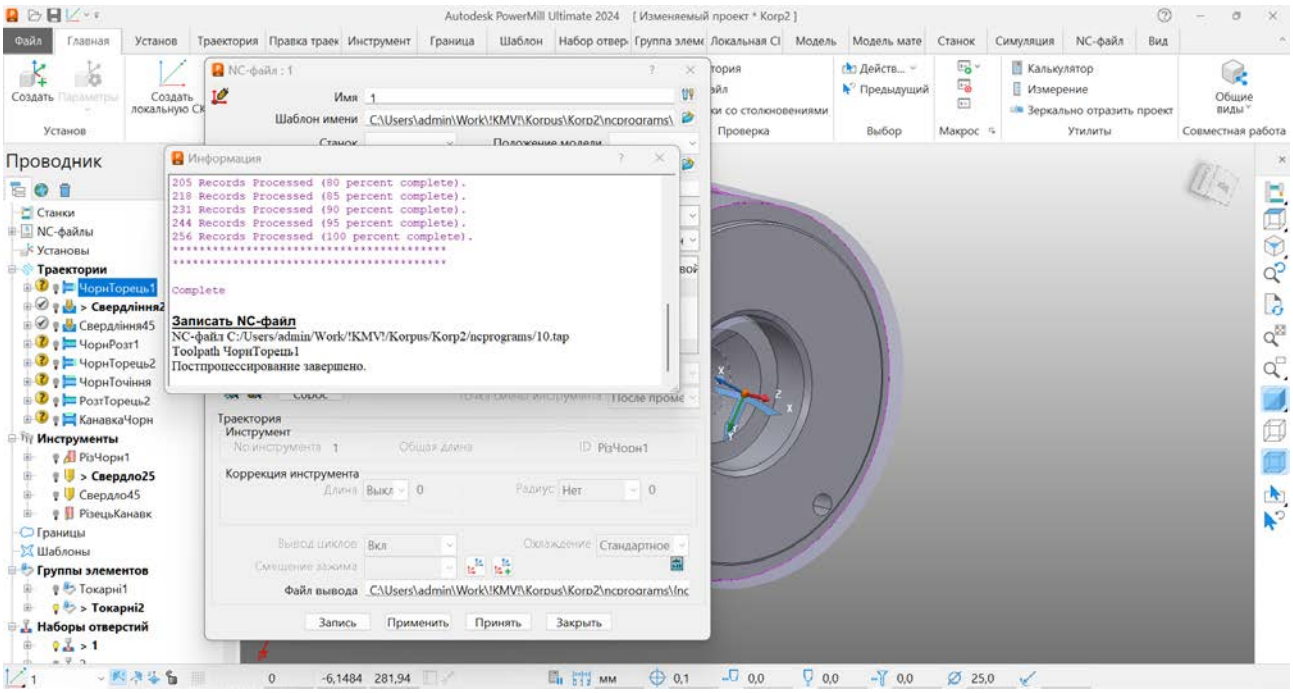


Рисунок 2.18 – Створення та розрахунок NC-файла

3 Конструкторська частина

3.1. Опис призначення, будови та роботи пристрою

Пристрій призначений для встановлення та закріплення корпуса при фрезеруванні поверхні 33 на вертикально-фрезерний верстат мод. **JET JTM-1050TS** .На столі верстата пристрій встановлюється плитою 2. Положення пристрою фіксується напрямними шпонками 37, які встановлені в пази плити 2 і стола верстата з посадкою $18\frac{H8}{g8}$, і кріпляться до плити гвинтами 16 з шайбами 29. Плита кріпиться до стола верстата болтами 15, гайками 19 і шайбами 32.

На плиті встановлений корпус 2, який кріпиться до плити болтами 14 з шайбами 32 і штифтами 38. Для центрування положення деталі відносно осі передбачені пальці 6, які встановлені в корпуси 5, які кріпляться до корпуса 1 болтами 13 з шайбами 28.

Пневмоциліндр кріпиться через лапи 7 болтами 14 і шайбами 32. Розподільчий кран 26 кріпиться гвинтами 18 і шайбами 31.

На корпусі 2 встановлений установ 42 з щупом 43, який кріпиться гвинтом 16 з шайбою 29.

Пневмоциліндр складається з корпуса 8, кришок передньої 9 і задньої 10, лап 7, які з'єднані шпильками 35, 36 з гайками 19 і шайбами 32. Поршень 11 з штоком 12 з'єднані по поверхні $Ø28\frac{H8}{f8}$ гайкою 20 з шайбою 34. Для ущільнення поршня і штока в канавках штока встановлені ущільнюючі кільця 23. Між поршнем і корпусом, кришками і корпусом передбачені ущільнюючі кільця 24, які встановлені в канавках кришок і поршня. Між кришкою передньою і штоком в канавки отвора кришки встановлені ущільнюючі кільця 25. Для подачі стисненого повітря передбачені з'єднання (гайка 21, втулка 22, шайба 33 і штуцер 40), які з'єднані з рукавами 44 і вкручені в отвори пневмоциліндра і розподільчого крана.

3.1.2 Принцип роботи пристрою

Пристрій працює таким чином: деталь встановлюється на призму 3 до упора торцем з корпус 1. По площинах, заданих розміром 90, деталь центрується пальцями 6. Через отвір деталі проходить шток 12, в канавку якого вставляється швидкозмінна шайба 4. При повороті рукоятки розподільчого крана проти годинникової стрілки, стиснуте повітря подається в штокову порожнину пневмоциліндра. При цьому поршень з штоком рухається назад і притискає шайбу до деталі, притискаючи її до корпуса. При цьому відбувається затиск деталі. При повороті рукоятки за годинниковою стрілкою, стиснуте повітря подається в поршневу порожнину пневмоциліндра. Поршень з штоком рухається вперед і відводить шайбу від деталі. При цьому відбувається звільнення деталі.

3.1.3 Розрахунок сил закріплення

Для складання рівняння рівноваги прикладемо всі сили і зв'язки, які діють на заготовку під час обробки, що показано на рисунку 3.

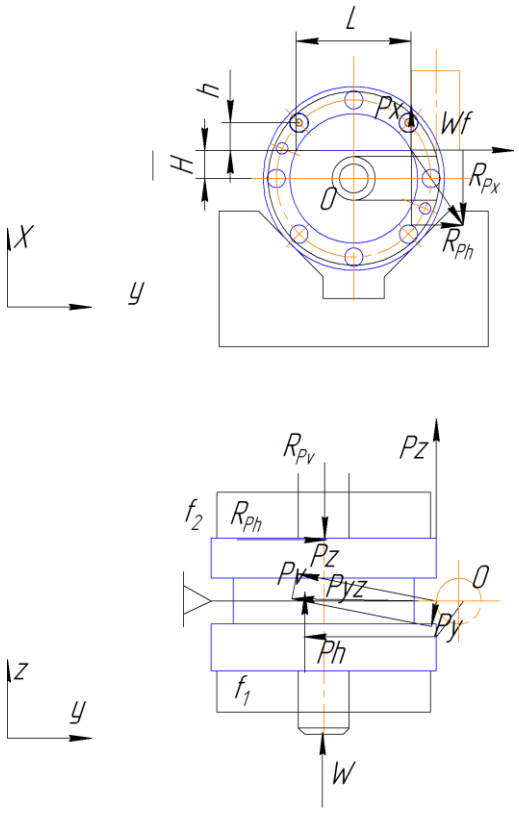


Рисунок 3.1 – Сили, що діють на заготовку

З схеми дії сил видно, що на деталь діють сили, які виникають внаслідок дії сил різання дотичної P_z, радіальної P_y, осьової P_x. Сила P_x переміщує деталь вертикально, P_h горизонтально. Їм протидіють реакції R_{Px} і $R_{Ph.}$

Сила Pv притискає деталь до установчих елементів, тому при розрахунках її не враховуємо.

Рівняння рівноваги даної системи сил:

$$\Sigma Ma = 0$$

$$Pz \cdot h + Px \cdot l - W \cdot l / 2 = 0$$

Необхідна сила затиску з врахуванням коефіцієнта запасу:

$$W = K(\frac{Pz \cdot h + Px \cdot l}{l} \cdot 2)$$

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6$$

де k_0-гарантований коефіцієнт запасу;

k_1- коефіцієнт, який враховує збільшення сил різання через нерівності на оброблюваній поверхні;

k_2- коефіцієнт, який характеризує збільшення сил різання внаслідок затуплення інструменту;

k_3- коефіцієнт, який враховує збільшення сил різання при перервному різанні;

k_4- коефіцієнт, який характеризує постійність сили закріплення в механізмах затиску;

k_5- коефіцієнт, який характеризує ергономіку ручних механізмів затиску;

k_6- коефіцієнт, який враховує моменти, які повертають заготовку встановлену плоскою поверхнею на постійні опори;

Згідно[2]с.84-85: $k_0=1,5$; $k_1=1,2$; $k_2=1,4$; $k_3=1,2$; $k_4=1$; $k_5=1$; $k_6=1$;

$$k=1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,4 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1=3,02;$$

Pz=1737,3Н; Px=0,5Pz=868,65Н;

L=90мм; h=13мм;

$$W = 3,02(\frac{1737,3 \cdot 0,013 + 868,65 \cdot 0,09}{0,09} \cdot 2) = 10790,2H;$$

Для розрахунку сили затиску рушія його і конструктивних параметрів складаємо принципову схему механізму затиску пристрою, яку показано на рисунку 6.

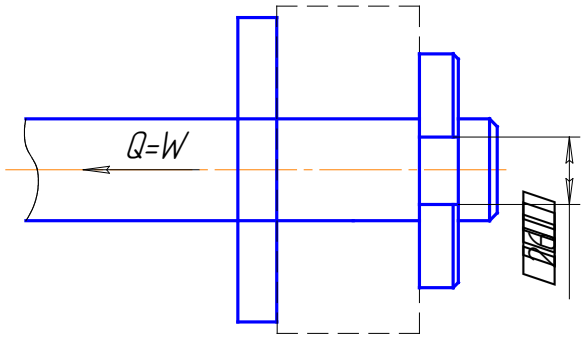


Рисунок3.2-Принципова схема механізму затиску пристрою

Необхідна сила на штоку пневмоциліндра згідно рис.6 становить

$$Q=W=10790,2 \text{ Н};$$

Для даної сили затиску при подачі стиснутого повітря p=0,4 мПа в штокову порожнину з стандартного ряду згідно [2], с.91, табл. 17 вибираємо пневмоциліндр двохсторонньої дії з діаметром поршня D=200мм, діаметром штока d=40 мм, довжина робочого ходу поршня L=40мм.

Дійсна сила рушія при подачі стиснутого повітря в штокову порожнину пневмоциліндра згідно [2], с. 92, табл. 22:

$$Q=0,785\cdot(D^2- d^2)\cdot p\cdot\eta, \text{ Н};$$

де η=0,9-ККД пневмоциліндра;

$$Q=0,785\cdot(200^2- 40^2)\cdot 0,4\cdot 0,9=10851 \text{ Н};$$

Розрахунок на міцність та зносостійкість найбільш навантажених та рухомих елементів пристрою

В спроєктованому пристрої “слабкою ланкою” є шток пневмоциліндра який працює на розрив (рис. 3.3).

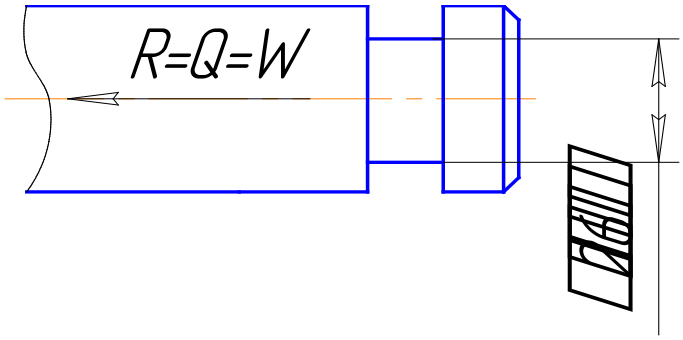


Рисунок3.3– Схема дії сили розтягу на шток.

Умова міцності на розрив:

$$\sigma < [\sigma],$$

де: [σ] – допустима напруга на розрив.

Матеріал штока ─ Сталь 45 ДСТУ 1050:2000

Допустиме напруження на розтяг G_p=312 МПа;

$$\sigma = \frac{Q}{F} = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 10851}{3{,}14 \cdot 26^2} = 27{,}35 мПа;$$

В даному випадку

$$\sigma_p \le \lfloor \sigma_p \rfloor \ (27{,}35<312),$$

Отже умова міцності на розтяг витримується.

3.1.4 Розрахунок пристрою на точність

Точність виготовлення пристрою впливає на точність розміру деталі 103,5±0,1.

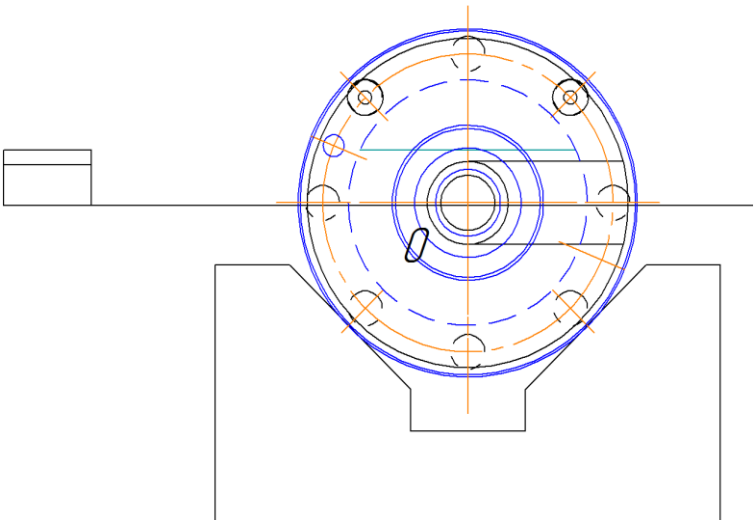


Рисунок3.4 – Схема формування розмірів при фрезеруванні нижньої площини в розмір 103,5±0,1

Допустима неточність виготовлення пристрою визначається за формулою:

$$Tпр \le Tз - 1{,}2 \cdot \sqrt{(0{,}8 \cdot \varepsilon_б)^2 + \varepsilon_з^{\,2} + (0{,}8 \cdot \omega)^2}$$

Де Тз-допуск на виконуваний при обробці заготовки розмір, мм;

Еб-похибка базування заготовки в пристрої, мм;

Ез-похибка закріплення заготовки в пристрої, мм;

ω-економічна точність обробки даним методом, мм;

Тз=2 мм;

Похибка викликана неточністю розміру між робочими поверхнями опор і віссю обертання пристрою.

Похибка базування при співпадінні конструкторської і технологічної бази Еб=0;

Похибка закріплення заготовки в пристрої в даному випадку Ез=0,05 мм;

Економічна точність обробки даним методом згідно [2] с.17 ω=0,3мм;

$$Tпр = 2 - 1{,}2 \cdot \sqrt{0 + 0{,}05^2 + (0{,}8 \cdot 0{,}3)^2} = 1{,}7 мм;$$

Розмір щупа $2_{-0{,}006}$.

Похибка 1,7-0,006=1,69 мм

Приймаємо 1,6 мм.

Дану похибку ставимо на робочому кресленні пристрою як допуск на розмір між робочою поверхнею установа і нижньою площиною призми.

Спрацювання призми:

$$Y = \frac{1}{\sin\alpha/2}\left[\frac{См \cdot q}{10K_{сп}} + \frac{1{,}15C_{в}}{K_{сп}^{0,4}}(q/d)^{0,2} + 1{,}07\frac{Cm}{K_{сп}^{\frac{1}{5(Vo+V3)}}}(q/d)^{\frac{1}{10(Vo+V3)}}\right]$$

q=10851 Н – сумарне лінійне навантаження, що діє по нормалі до робочих поверхонь призми, Н/мм;

d =100мм – діаметр циліндричної поверхні заготовки;

$r_{сп}$ – радіус спрацьованої сферичної опори, мм;

$$r_{сп} = \frac{r^2}{r - 8u}$$

r – радіус виготовлення сферичної опори, мм;

u – лінійне спрацювання опори, мм;

α – кут призми, град;

v – безрозмірні параметри опорної кривої;

Ксп – безрозмірний коефіцієнт, що враховує вплив спрацювання призми;

$$Kсп = \sqrt{Rсп(Rсп - 0{,}5d)}$$

Rсп – радіус спрацьованої поверхні призми, мм;

$$Rсп = 0{,}125\left[2\sqrt{d \cdot u} + (0{,}5 \cdot Td + u)ctg\frac{\alpha}{2}\right]^2 \cdot \frac{1}{u}$$

См, Св, Cm – безрозмірні коефіцієнти;

Згідно [5]с. 40 $r_{сп}$=r, u=0; Ксп=1;

См=0,027; К=0,82; α=0,695; $К_1$=0,62; $α_1$=0,55;

$$Св=К=(1+Wз)^{α}$$

Wз=10 мкм; $v_З$=1,94 мкм; [5]с. 40 табл. 1.6;

v_o=1,4;

$$Rсп = 0{,}125\left[2\sqrt{100 \cdot 0} + (0{,}5 \cdot 0{,}4 + 0)ctg\frac{90}{2}\right]^2 \cdot \frac{1}{0} = 0{,}05мм;$$

$$Св=К=(1+10)^{0,695}=5{,}29;$$

$$Ксп = \sqrt{0{,}05(0{,}05 - 0{,}5 \cdot 0{,}695)} = 0{,}027;$$

$$Y = \frac{1}{90/2}\left[\frac{0{,}027 \cdot 7351{,}38}{100{,}027} + \frac{1{,}15 \cdot 5{,}29}{0{,}027^{0{,}4}}(10851/100)^{0{,}2} + 1{,}07\frac{1}{0{,}027^{\frac{1}{5(1{,}4+1{,}940}}}(7q/d)^{\frac{1}{10(Vo+V3)}}\right] =$$

=18,6 мкм;

Спрацювання площини:

$$Y = (4 + R\max_3)\left[\frac{Q}{F \cdot C \cdot \sigma_t \cdot b_e}\right]^{\frac{1}{2+V_3}} + 0{,}13R_{bз}^{1/3}\left[\frac{Wз \cdot \theta \cdot Q}{F}\right]^{\frac{2}{3}}$$

Gт=363МПа;

$$\theta = \frac{1-\mu_0^2}{Eo} + \frac{1-\mu_3^2}{Eз}$$

Rmax=6Ra=6·1,25=7,5мкм;

Wз=10 мкм;

C=5,7; [5]с. 43, табл.. 1.7;

$$Y = (4 + 7{,}5)\left[\frac{10851}{1000 \cdot 5{,}7 \cdot 363 \cdot 2{,}7}\right]^{\frac{1}{2+1{,}4}} + 0{,}13 \cdot 7{,}5^{1/3}\left[\frac{10 \cdot 2{,}4 \cdot 10851}{1000}\right]^{\frac{2}{3}} = 8{,}1мкм;$$

3.2 Пристрій контрольний.

3.2.1 Опис призначення, конструкції та принципу роботи пристрою

Пристрій призначений для контролю радіального биття торця деталі 11 відносно бази внутрішнього отвору 14 з допуском 0,08 мм. Пристрій складається з розрізної втулки 1, яка сідає у внутрішній отвір (базу); корпуса 3 на який запресовуються два спарені упорні шарикопідшипники 9 з видаленням за допомогою реактопласту 10 і прокладки 2 радіального зазору, що створює попередній натяг. Пластмасовий шар (реактопласт) в цьому випадку являється компенсатором. Дана методика використовується для зняття радіального зазору у шпинделях верстатів. На підшипники напресовується кронштейн 4, що утримує індикатор 8 годинникового типу за допомогою болта 7. Стяжка 6 притискає корпус 3 до розрізної втулки 1, що дає змогу базувати контрольний пристрій в отворі (базі).

При роботі (контролі) даний пристрій встановлюється в отвір 14 деталі розрізною втулкою 1 і фіксується в ньому за допомогою стяжки 6 і ручки 5, що призводить до посадки контрольного пристрою в отвір без зазорів через сукупність деталей корпус 3, втулка розрізна 1, ручки 5. Після цього проводиться обертання кронштейна 4 за допомогою двох підшипників 9 запресованих на корпусі 3. На кінці кронштейна встановлено індикатор 8, який фіксує похибку.

3.2.2 Розрахунок пристрою на точність

Розрахунок пристрою на точність зводиться до визначення сумарної похибки вимірювання $\Delta_{вим.}$, яку порівнюють з допуском $T_д$ на параметр точності, що перевіряється.

Сумарну похибку вимірювання $\Delta_{вим.}$ визначаємо за формулою:

$$\Delta_{вим.} = 1{,}2 \cdot \sqrt{\varepsilon_б^2 + \varepsilon_з^2 + \Delta_{з.в.}^2 + \Delta_е^2 + \Delta_M^2},$$

де: $\varepsilon_б$ - похибка вимірювання, мм; $\varepsilon_б = 0$ - так як пристрій базується безпосередньо в отвір;

$\varepsilon_з$ - похибка закріплення, мм; $\varepsilon_з = 0$ - так як сила закріплення діє перпендикулярно до базової поверхні і зміщення іде в осьовому напрямку;

$\Delta_{з.в.}$ - похибка засобу вимірювання; $\Delta_{з.в.}$ = 0,01 [5] ст. 471 табл. 15.

$\Delta_е$ - похибка встановлення еталона для настроювання пристрою; $\Delta_е = 0$ - так як еталон не використовуємо;

$\Delta_М$ - похибка, властива даному методу вимірювання. Вона залежить від методу вимірювання та конструктивних особливостей пристрою, зокрема від точності виготовлення передавальних механізмів, неточностей їх кінематики. В даному випадку похибка вимірювання буде залежати від зазору у підшипниках, який буде впливати на кут повороту деталі у пристрої α. Отже необхідно визначити кут α.

$$\Delta_М = L * tg\alpha,$$

де: L = 141 мм – найбільша відстань, яка підлягає контролю

$$tg\alpha = {S_{\max}}/{l1};$$

l1 = 21 мм – відстань між підшипниками.

$$S_{\max} = S_1 + S_2,$$

S_1 = 0,006 – найбільший перекос у підшипниках;

$S_2 = 2S_1/l1 = 2\times0,006/21 = 0,0005$ мм – зміщення в підшипниках.

$$S_{max} = 0,006 + 0,0005 = 0,0065 \text{ мм.}$$

$$tg\alpha = {0,0065}/{21} = 0,0003.$$

$$\Delta_М = 141\times0,0003 = 0,0436 \text{ мм.}$$

Тоді:

$$\Delta_{вим.} = 1{,}2 \cdot \sqrt{0^2 + 0^2 + 0{,}01^2 + 0^2 + 0{,}0436^2} = 0{,}054 \le 0{,}08 мкм.$$

Отримане значення порівнюємо з допуском $T_д$ на параметр точності, що перевіряється:

$$\Delta_{вим.} \le (0{,}1 \div 0{,}25) \cdot T_д,$$

$0{,}054 \le (0{,}1 \div 0{,}25) \cdot 0{,}08 = 0{,}008 \div 0{,}02$ - умова виконується.

3.2.3 Коефіцієнт уніфікації

Коефіцієнт застосування стандартних або уніфікованих деталей та вузлів визначаємо за формулою:

$$K_{пр} = \frac{\sum заг - \sum ор}{\sum заг} \cdot 100\%,$$

де: $\sum заг = 16$ – загальна кількість назв типорозмірів складових частин пристрою;

$\sum ор = 7$ – кількість назв типорозмірів оригінальних деталей та вузлів.

$$K_{ПР} = \frac{16 - 7}{16} \cdot 100\% = 56{,}3\%.$$

4 Науково-дослідна частина

4.1 Дослідження стійкості осьового різального інструменту при обробці корпусних деталей

4.2 Стійкість при свердлінні, зенкеруванні та розвертанні

Функціональні залежності стійкості свердла, зенкерів і розверсток від швидкості різання, подачі і інших режимних параметрів встановлюють, використовуючи загальну методику проведення експериментів.

Стійкість Т свердла, зенкерів та розверток рівна сумі основних технологічних часів t_{OI}, затрачених на обробку отворів, кількість яких рівна $К_{ЗТ}$ до моменту, коли спрацювання досягне прийнятого допустимого значення $h_{З.ДОП}$:

$$T = \sum t_{OI} = K_{ЗТ} \cdot t_0 = C_{TO} \cdot v^{b_{OI}} \cdot l^{C_{Ov}} \qquad (4.1)$$

Критерієм завершення періоду стійкості може бути також невідповідність виготовлених отворів заданій точності розмірів і шорсткості поверхні.

4.3 Ресурс свердла, зенкерів і розверсток

Одним із показників ресурсу свердла, зенкерів і розверсток, як і всіх інших видів різального інструменту, є довжина робочого шляху різання Ь за період стійкості. Ця величина рівна довжині гвинтової траєкторії результуючого руху різання спряження головного і допоміжного леза за період стійкості і виражається добутком:

$$L=v \cdot T \qquad (4.2)$$

Другим показником ресурсу свердла являється сумарна площа ∑А циліндричних стінок отворів, оброблених цими інструментами за період їх стійкості. Для отвору діаметром О ця величина рівна:

$$\sum A=\pi \cdot D \cdot S \cdot n \cdot T, \qquad (4.3)$$

де S- подача, мм/хв;

n - частота обертання шпинделя верстата.

Підставивши в рівняння (4.3) значення частоти обертання інструментів $n=1000 \cdot v/(\pi \cdot D)$, об/ хв отримаємо:

$$\sum A=1000\cdot S\cdot v\cdot T. \qquad (4.4)$$

Ресурс свердл може також визначатися сумарною глибиною (довжиною) всіх отворів $\sum l=S\cdot n\cdot T$, оброблених за період стійкості і числом $К_{ЗТ}$,однакових по розмірам оброблених отворів:

$$К_{ЗТ}=L/\Delta L=\sum A/A=\sum l/l, \qquad (4.5)$$

де: ΔL, A і l - відповідно шлях різання при обробці одного отвору, площа циліндричної поверхні отвору і глибина (довжина) отвору.

Вираз ресурсу інструментів розглядаємо!" групи з допомогою $К_{ЗТ}$ оброблених отворів зручно для практичного використання в виробничих умовах.

Ресурс свердл виражається через довжину робочого шляху L, може бути представленим як функція швидкості різання v. Для цього замінемо в рівнянні (7.1) стійкість його виразом по рівнянню.

Тоді:

$$L=1000\cdot v\cdot C_{TO}\cdot v^{b_{js}}\cdot l^{Cov}$$

Співставлення і аналіз рівняння показує, що функціональна залежність L(v) (рисунок на кресленні) по характеру подібна кривій T(v), по її максимальному зміщенні в область більших швидкостей різання. Швидкість різання, при якій ресурс максимальний визначається залежністю:

$$V_{L\max}=-(b_0-l)\cdot C_0, \qquad (4.6)$$

а швидкість точки перегину:

$$V_{ПL}=-(b_0-1-vb_0+1)C_0. \qquad (4.7)$$

Проводити різання зі швидкостями меншими, ніж швидкість, яка відповідає максимальному ресурсу, нераціонально, так як знижаються як ресурс інструментів, гак і продуктивність праці.

Обробку отворів необхідно вести зі швидкостями різання $V> V_{L\max}$, коли зменшення ресурсу інструмента зі збільшенням швидкості різання компенсується збільшенням продуктивності. В цьому діапазоні при деяких швидкостях різання $V_{П0} > V_{L\max}$ і $V_{\min} > V_{L\max}$ забезпечується відповідно максимальна

норма виробітку і мінімальна собівартість обробки. Як наслідок, призначати режими різання при свердлінні, зенкеруванні і розвертанні, які відповідають максимальній стійкості інструментів недоцільно, тому на практиці використовують ділянку графіка залежності T(v), яка лежить правіше точки $T_{L\max}$.

4.4 Вплив подачі на стійкість.

Експериментальні дослідження робіт свердл, зенкерів і розверсток, оснащених матеріалами із швидкорізальних сталей, показали, що зміна подачі впливає на стійкість інструментів не так ,як при точінні (рисунок на кресленні).

Всі три кривих на рисунку мають екстремальний характер і задовільно апроксимуються рівнянням 4.1. Але якщо у випадку точіння всі криві T(v), отримані при різних подачах, мали максимуми при одній швидкості різання, то при роботі осьовими різальними інструментами збільшення подачі веде до зменшення максимумів в бік більших швидкостей різання.

При зміні подачі відповідно змінюються значення коефіцієнтів C_{To}, b_0 і C_0 в рівнянні (4.1). За допомогою графо-аналітичного методу можна встановити залежність $b_0(S)$, $C_0(S)$, $C_{To}(S)$. Експерименти показали, що при обробці конструкційних сталей ці залежності апроксимуються рівняннями виду:

$$b_0 = C_1 \cdot S^{b1} \cdot l^{l1S}; C_o = C_2 \cdot S^{b2} \cdot l^{l2S}; C_{T0} = C_3 \cdot S^{b3} \cdot l^{l3S};$$

Підставимо ці вирази в рівняння (4.1) і отримаємо загальний вид залежності T(v, S):

$$T = C_3 \cdot S^{b3} \cdot v^{C1 \cdot S^{b1} \cdot l^{l1S}} \cdot l^{C_2 \cdot S^{b2} \cdot l^{l2S} + l_3 S}, \qquad (4.8)$$

Рівняння (4.8) справедливе в діапазоні швидкості різання $V_1 ... V_2$, в якому були проведені експерименти. З врахуванням раціонального використання ресурсу свердла рекомендується обмежуватися діапазоном швидкостей $V_{L\max}$,...V_2.

В зоні швидкостей різання $V>V_{ПТ}$ (рисунок) можлива апроксимація експериментальних даних також степеневим рівнянням.

$$T = \left[\frac{C_T \cdot D^n}{V \cdot t^x \cdot S^y \cdot HB^z} \right]^{\frac{1}{m}}. \qquad (4.9)$$

Рівняння 4.9, розв'язане відносно швидкості різання V, дозволяє розрахувати допустиму швидкість різання при даних значеннях стійкості інструмента, подачі, твердості оброблюваного матеріалу і діаметра інструмента:

$$V = \frac{C_V \cdot D^n}{T \cdot t^x \cdot S^y \cdot HB^z}, \qquad (4.10)$$

де t=(D-d)/2;

d - діаметр отвору при розсвердлюванні, зенкеруванні і розвертанні (t=D/2 при свердлінні).

4.4 Стійкість фрез

На основі побудованих за результатами експериментів кривих зносу задніх поверхонь визначається залежність стійкості фрез від швидкості різання. Стійкість фрез встановлюється на основі прийнятих критеріїв рівного або оптимального зносу. Критерій рівного зносу залишає суттєві невикористані резерви ресурсу інструмента, особливо при малих швидкостях різання. Переважно використовують критерій оптимального зносу, з яким необхідно повністю реалізовувати потенційні ресурси фрез. Оптимальному зносу фрези на кривих зносу відповідають точки, відмічені колами. Так як при практичному використанні отриманих експериментальних залежностей фрези можуть мати розкид значень фізико-механічних властивостей, то на кривих через точки, помічені трикутниками, які відповідають нижній границі середньостатистичного розсіювання експериментальних точок, проведена крива, яка визначає допустимий критерій оптимального зносу.

За координатами точок перетину кривої допустимого оптимального зносу з кривими зносу можна визначити функціональну залежність v(T).

Для всіх розглянутих інструментів (свердла , зенкера, розвертки) стійкість Т оцінювалася як сума основних технологічних часів $\sum t_0$,затрачених на обробку кількості $К_{з.т.}$ однотипових заготовок до моменту, коли лезо зносилось до

допустимого нормами зносу $h_{З.ДОП}$.

Для фрез оцінка стійкості виробляється за двома позиціями.

З однієї сторони стійкість фрези $T_ф$ визначається як сума основних технологічних часів $\sum t_0$ до моменту досягнення на задній поверхні леза зубів фрези допустимого нормативного зносу $h_{З.ДОП}$ при цьому не враховується, що частина зубів в любий момент роботи фрези здійснює свій робочий цикл, а решта холостий.

Згідно другої оцінки стійкості T_P визначається виходячи із суми тривалості $\sum t_0$ робочих циклів, здійснених в границях кута контакту ψ кожним окремо взятим зубом фрези.

Тоді $T_P / T_ф = \psi /360^o$ і стійкість зуба фрези:

$$T_P = T_ф \psi /360^o. \qquad (4.11)$$

Тобто, вона завжди менша стійкості фрези в два і більше раз, так як кут контакту при фрезеруванні може змінюватися в границях 0.- 180°.

Залежність швидкості різання V від стійкості фрези $T_ф$ в графічній формі показано на рисунку (див. креслення). Ця крива побудована по значенням швидкості різання і стійкості фрези; в точках перетину ліній - критерії оптимального зносу.

В діапазоні швидкостей різання, використовуваних при фрезерування на практиці. Крива залежності $V(T_ф)$ звичайно має вигляд монотонно зменшувальної кривої, схожа по формі на гіперболу.

В першому приближенні ця крива може бути апроксимована степенним рівнянням вигляду:

$$V=C_y/T^m.$$

Отримаємо загальну залежність швидкостей різання від цих параметрів:

$$V\ (T_Ф, t, S_z, B, D, Z).$$

Узагальнене рівняння має вигляд:

$$V = \frac{C_V \cdot D}{T_Ф^m \cdot t^x \cdot S_Z{}^y \cdot B^n \cdot Z^u}, \qquad (4.12)$$

Розв'язавши рівняння відносно стійкості фрези $T_ф$, отримаємо:

$$T_{\Phi} = \left[\frac{C_V \cdot D^q}{V \cdot t^x \cdot S_Z{}^y \cdot B^n \cdot Z^u} \right]^{\frac{1}{m}}. \qquad (4.13)$$

Числові значення коефіцієнта C_y і показників степені x, y, n,u,q,I,m вибираються з довідників.

Стійкість кожного зуба фрези за час здійснення робочих циклів може бути вирахувана залежністю:

$$T_{\Phi} = \left[\frac{C_V \cdot (\psi / 360)^m D^q}{V \cdot t^x \cdot S_Z{}^y \cdot B^n \cdot Z^u} \right]^{\frac{1}{m}}. \qquad (4.14)$$

Якщо точність апроксимації експериментальних точок з допомогою рівнянь (4.12) і (4.13) недостатня, доцільно апроксимувати цю криву рівнянням виду:

$$T_{\Phi} = C_V \cdot v^b \cdot l^{Cv}. \qquad (4.15)$$

Узагальнені рівняння, які відображають функціональні залежності стійкості окремих зубів фрези та фрези в цілому, мають вигляд:

$$T_{\Phi} = \frac{C_V \cdot v^b \cdot D^q}{l^{Cv} \cdot t^x \cdot S_Z{}^y \cdot B^n \cdot Z^u}; \qquad (4.16)$$

$$T_{\Phi} = \frac{C_V \cdot v^b \cdot D^q \cdot \psi}{360 \cdot l^{Cv} \cdot t^x \cdot S_Z{}^y \cdot B^n \cdot Z^u}; \qquad (4.17)$$

Значення коефіцієнтів і показників степені в рівняннях 4.16 і 4.17 в цьому випадку необхідно визначити шляхом відповідної математичної обробки отриманих експериментальних даних.

Проаналізуємо графіки впливу швидкості різання на стійкість і ресурс інструменту, зображені на рисунку 2(креслення, аркуш 6).

Використаємо формулу для визначення ресурсу свердла $L=1000\cdot v\cdot C_{To}\cdot v^{b_{OI}}\cdot l^{Cov}$.

В розрахунках режимів різання при свердлінні трьох отворів під різьбу М8 маємо швидкість різання V_1=21м/хв. Підставимо в вище згадану формулу дану швидкість різання і дещо більшу, наприклад V_2=35м/хв. і отримаємо:

$$L_1=1000\cdot v_1\cdot C_{To}\cdot v_1^{\,b_{OI}}\cdot l^{Cov}=1000\cdot 21\cdot C_{To}\cdot 21^{boi}\cdot l^{Cov};$$

$$L_2=1000\cdot v_2\cdot C_{To}\cdot v_2^{\,b_{OI}}\cdot l^{Cov}=1000\cdot 35\cdot C_{To}\cdot 35^{boi}\cdot l^{Cov}.$$

Поділимо друге рівняння на перше і отримаємо, в скільки разів збільшиться ресурс свердла, при цьому вважатимемо, що в двох випадках умови роботи одинакові, тобто всі коефіцієнти, показники степені і довжина обробки одинакові. Тоді отримаємо:

$$L_2/L_1=35/21\cdot(35/21)^{boi}=1{,}67\cdot(1{,}67)^{boi},$$

Як ми бачимо, при збільшенні швидкості в 1,67раза, ресурс свердла буде збільшуватись в більшу кількість разів, оскільки яким би не був показник степеня boi (встановлюється дослідним шляхом), вираз $(1{,}67)^{boi}$ буде завжди більшим одиниці. Згідно рисунку 2 (креслення) зрозуміло, що при збільшенні ресурсу інструмента на певну величину, його стійкість зменшується дещо на меншу величину, але оскільки на продуктивність обробки впливає величина швидкості різання, що є очевидним, то при швидкості $V_2^{=}$35м/хв>V_1 продуктивність обробки зросте, і найкраще, коли ця швидкість дещо більша швидкості V_{Lmax} (креслення). При цьому зросте продуктивність обробки і, відповідно, зменшиться собівартість виготовлення даного виробу.

Отже, невелике збільшення швидкості різання є доцільне для даного методу обробки.

Перелік посилань на джерела

1.Паливода Ю. Є. Технологія оброблення корпусних деталей : навчальний посібник / Ю. Є. Паливода, І. Г. Ткаченко, Ю. Б. Капаціла, Ів. Б. Гевко. – Тернопіль : ТНТУ , 2016. – 156 с.

2. Паливода Ю. Є. Заготовки у машинобудівному виробництві : навчально-методичний посібник / Паливода Ю.Є., Дячун А.Є. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2023. – 148 с.

3. Технологія обробки типових деталей і складання машин : навчальний посібник. / С. В. Ковалевський, С. Г. Онищук. – Краматорськ - Тернопіль : ДДМА, 2023. – 132 с.

4. Ковалевський, С. В. Теоретичні основи технології виробництва деталей і складання машин у важкому машинобудуванні : навчальний посібник / С. В. Ковалевський, С. Г. Онищук, Ю. Б. Борисенко. – Краматорськ : ДДМА, 2013. – 179 с.

5. Технології формоутворення сучасних складно профільних деталей [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» спеціалізація «Технології виготовлення літальних апаратів», «Технології машинобудування» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Ю. В. Петраков, С. В. Сохань, В. К. Фролов, В. М. Кореньков. – Електронні текстові данні. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 380 с.

6. Кузнєцов, Ю. М. Технологічне обладнання з ЧПК: механізми і оснащення: Навч. посібник / Ю. М. Кузнєцов, О. Ф. Саленко, О. О. Харченко, В. Т. Щетинін. – Київ-Кременчук-Севастополь : Вид-во «Точка», 2014. – 500 с.

7. Кирилович, В. А. Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПУ. / В. А. Кирилович, П. П. Мельничук, В. А. Яновський; під заг. ред. В. А. Кириловича. – Житомир : ЖІТІ, 2001. – 600 с.

8. Міжгалузеві нормативи часу допоміжного, на обслуговування робочого місця, підготовчо-заключного при роботі на металорізальних верстатах. Середньосерійне та великосерійне виробництво. – Краматорськ : Центр продуктивності, 2003. – 276 с.

9. Степчин Я.А. Порівняльна характеристика динаміки процесів торцевого фрезерування фрезами стандартних та спеціальних конструкцій / Я.А. Степчин // Вісник ЖДТУ. Сер. : Технічні науки. – 2016. – № 1 (72). – С. 51–56.

10. Виговський Г.М. Дослідження впливу сил різання при чистовому торцевому фрезеруванні на процеси формоутворення оброблюваних поверхонь / Г.М. Виговський, О.А. Громовий, М.М. Плисак // Технічна інженерія. – 2023. – № 2 (92). – С. 53–59. DOI: 10.26642/ten-2023-2(92)-53-59.

11. Дідик Р.П. Розрахункові операції режимів механічної обробки матеріалів: точіння, свердління, зенкерування, розгортання: навч. посіб. / Р.П. Дідик, В.В. Зіль, С.Т. Пацера. − Д.: Національний гірничий університет», 2013. – 196 с.

12. Технологія конструкційних матеріалів: підручник / [М.А.Сологуб, І.О.Рожнецький, О.І.Некроз та ін.]; за ред. М.А.Сологуба. - [2-е вад., перероб. і доп.]. - К.: Вища школа, 2002. - 374 с.

13. Технологія конструкційних матеріалів: підручник / [М.А.Сологуб, І.О.Рожнецький, О.І.Некроз та ін.]; за ред. М.А.Сологуба. - [2-е вад., перероб. і доп.]. - К.: Вища школа, 2002. - 374 с.

14. Технологія машинобудування : навчальний посібник / Є. О. Горбатюк, М. П. Мазур, А. С. Зенкін, В. Д. Каразей. – Львів : Новий Світ-2000, 2012. – 358

15.Панчук В.Г., Карпик Р.Т., Врюкало В.В., Одосій З.М.П - 14. Магістерська робота: методичні вказівки. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2021. с.

16.Технології для верстатів з числовим програмним керуванням: електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання [Електронний ресурс] / Дерібо О. В., Лозінський Д. О., Сердюк О. В. — Вінниця : ВНТУ, 2023. — 116 с.

Додатки

Керуюча програма обробки корпуса насоса НПО-25.06.02.014 на верстаті з ЧПК мод. HAAS ST-25

```
100 ; ----------------------------------
101 ; NO.| ID     | DIA.| TIP RAD| LENGTH
102 ; ----------------------------------
103 ;   1|РізЧорн1|     |  0.0   |
104 ; ----------------------------------
0.00 BEGIN PGM 10 MM
105 ;  PROGRAM NAME  : 10
106 ;  PART NAME     : 1
107 ;  PROGRAM DATE  : 2025-12-05 - 11:03:03
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 ;   1|РізЧорн1|     |  0.0   |
118 ; ----------------------------------
119 ;
120 ;  NUMBER OF TOOLPATHS: 1.0
121 ;  ESTIMATED PROGRAM DURATION: 0 HOURS 0 MIN 6 SEC
122 ;
123 BLK FORM 0.1 Z X-85.0 Y-85.0 Z-81.2
124 BLK FORM 0.2 X85.0 Y85.0 Z1.0
125 ;
126 CYCL DEF 247 DATUM SETTING~
   Q339=+1; DATUM NUMBER
127 L M140 MBMAX FMAX
128 ; ---------------
129 ;  START TOOLPATH : ЧорнТорець1
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.    :1
138 ;  TOOL TYPE   :
139 ;  TOOL ID     : РізЧорн1
140 ;  TOOL DIA    : 0.0 LENGTH 0.0
141 ;
142 TOOL CALL 1 Z S1000 DL+0.0 DR+0.0
143 M03
144 L X400.0 Y0.0 FMAX
145 L Z-50.0 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 X257.2 Z-96.75 R0 FQ3
151 L Z-99.2501 F0.2
152 L X370.0
153 L Z-98.75
154 L X367.1716 Z-97.3358
155 L X400.0 Z-50.0 FQ3
156 ; ----------
157 ;  END TOOLPATH : ЧорнТорець1
158 ; ----------
159 M09
160 M05
161 L M140 MBMAX FMAX
162 CYCL DEF 32.0 TOLERANCE
163 CYCL DEF 32.1
164 CYCL DEF 32.2
165 M30
166 END PGM 10 MM

100 ; ----------
101 ; NO.| ID      | DIA.| TIP RAD| LENGTH
102 ; ----------
103 ;   1|Свердло25|25.0 |  0.0   | 150.0
104 ; ----------
0.00 BEGIN PGM 20 MM
105 ;  PROGRAM NAME  : 20
106 ;  PART NAME     : 2
107 ;  PROGRAM DATE  : 2025-12-05 - 11:05:29
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 ;   1|Свердло25|25.0 |  0.0   | 150.0
118 ; ----------
119 ;
120 ;  NUMBER OF TOOLPATHS: 1.0
121 ;  ESTIMATED PROGRAM DURATION: 0 HOURS 0 MIN 15 SEC
122 ;
123 BLK FORM 0.1 Z X-85.0 Y-85.0 Z-81.2
124 BLK FORM 0.2 X85.0 Y85.0 Z1.0
125 ;
126 CYCL DEF 247 DATUM SETTING~
   Q339=+1; DATUM NUMBER
127 L M140 MBMAX FMAX
128 ; ----------
129 ;  START TOOLPATH : Свердління25
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.    :1
138 ;  TOOL TYPE   : DRILL
139 ;  TOOL ID     : Свердло25
140 ;  TOOL DIA    : 25.0 LENGTH 150.0
141 ;
142 TOOL CALL 1 Z S1500 DL+0.0 DR+0.0
143 M03
144 L X0.0 Y0.0 FMAX
145 L Z88.0 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 CYCL DEF 200 DRILLING~
    Q200= 5.0; SET-UP CLEARANCE~
    Q201= -34.2886; DEPTH~
    Q206= 1000; FEED RATE FOR PLUNGING~
    Q202= 155.3138; PLUNGING DEPTH~
    Q210= 0.0; DWELL TIME AT TOP~
    Q203= -33.0252; SURFACE COORDINATE~
    Q204= 121.0252; 2ND SET-UP CLEARANCE~
    Q211= 0.0; DWELL TIME AT DEPTH
151 L X0.0 Y0.0 R0 FMAX M99
152 CYCL DEF 200 DRILLING~
    Q200= 5.0; SET-UP CLEARANCE~
    Q201= -22.7138; DEPTH~
    Q206= 1000; FEED RATE FOR PLUNGING~
    Q202= 170.3138; PLUNGING DEPTH~
    Q210= 0.0; DWELL TIME AT TOP~
    Q203= -59.6; SURFACE COORDINATE~
    Q204= 147.6; 2ND SET-UP CLEARANCE~
    Q211= 0.0; DWELL TIME AT DEPTH
153 L X0.0 Y0.0 R0 FMAX M99
154 ; ---------------
155 ;  END TOOLPATH : Свердління25
156 ; ---------------
157 M09
158 M05
159 L M140 MBMAX FMAX
160 CYCL DEF 32.0 TOLERANCE
161 CYCL DEF 32.1
162 CYCL DEF 32.2
163 M30
164 END PGM 20 MM

100 ; ------------------------------------
101 ; NO.| ID      | DIA.| TIP RAD| LENGTH
102 ; ------------------------------------
103 ;   1|Свердло45|45.0 |  0.0   | 150.0
104 ; ------------------------------------
```

```
0.00 BEGIN PGM 21 MM
105 ;  PROGRAM NAME  : 21
106 ;  PART NAME     : 2
107 ;  PROGRAM DATE  : 2025-12-05 - 11:05:32
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 ;   1|Свердло45|45.0 |  0.0   | 150.0
118 ; ------------------------------------
119 ;
120 ;  NUMBER OF TOOLPATHS: 1.0
121 ;  ESTIMATED PROGRAM DURATION: 0 HOURS 0 MIN 5 SEC
122 ;
123 BLK FORM 0.1 Z X-85.0 Y-85.0 Z-81.2
124 BLK FORM 0.2 X85.0 Y85.0 Z1.0
125 ;
126 CYCL DEF 247 DATUM SETTING~
   Q339=+1; DATUM NUMBER
127 L M140 MBMAX FMAX
128 ; ---------------
129 ;  START TOOLPATH : Свердління45
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.    :1
138 ;  TOOL TYPE   : DRILL
139 ;  TOOL ID     : Свердло45
140 ;  TOOL DIA    : 45.0 LENGTH 150.0
141 ;
142 TOOL CALL 1 Z S1500 DL+0.0 DR+0.0
143 M03
144 L X0.0 Y0.0 FMAX
145 L Z88.0 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 CYCL DEF 200 DRILLING~
   Q200= 5.0; SET-UP CLEARANCE~
   Q201= -19.1; DEPTH~
   Q206= 1000; FEED RATE FOR PLUNGING~
   Q202= 109.6; PLUNGING DEPTH~
   Q210= 0.0; DWELL TIME AT TOP~
   Q203= -2.5; SURFACE COORDINATE~
```

```
   Q204= 90.5; 2ND SET-UP CLEARANCE~
   Q211= 0.0; DWELL TIME AT DEPTH
151 L X0.0 Y0.0 R0 FMAX M99
152 ; ---------------
153 ;  END TOOLPATH : Свердління45
154 ; ---------------
155 M09
156 M05
157 L M140 MBMAX FMAX
158 CYCL DEF 32.0 TOLERANCE
159 CYCL DEF 32.1
160 CYCL DEF 32.2
161 M30
162 END PGM 21 MM

100 ; ----------------------------------
101 ; NO.| ID     | DIA.| TIP RAD| LENGTH
102 ; ----------------------------------
103 ;   1|РізЧорн1|     |  0.0   |
104 ; ----------------------------------
0.00 BEGIN PGM 40 MM
105 ;  PROGRAM NAME  : 40
106 ;  PART NAME     : 4
107 ;  PROGRAM DATE  : 2025-12-05 - 11:07:37
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 ;   1|РізЧорн1|     |  0.0   |
118 ; ----------------------------------
119 ;
120 ;  NUMBER OF TOOLPATHS: 1.0
121 ;  ESTIMATED PROGRAM DURATION: 0 HOURS 0 MIN 44 SEC
122 ;
123 BLK FORM 0.1 Z X-85.0 Y-85.0 Z-81.2
124 BLK FORM 0.2 X85.0 Y85.0 Z1.0
125 ;
126 CYCL DEF 247 DATUM SETTING~
   Q339=+1; DATUM NUMBER
127 L M140 MBMAX FMAX
128 ; ---------------
129 ;  START TOOLPATH : ЧорнТорець2
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.    :1
138 ;  TOOL TYPE   :
139 ;  TOOL ID     : РізЧорн1
140 ;  TOOL DIA    : 0.0 LENGTH 0.0
141 ;
142 TOOL CALL 1 Z S1000 DL+0.0 DR+0.0
143 M03
144 L X400.0 Y0.0 FMAX
145 L Z-228.0001 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 X196.0 Z-183.0 R0 FQ3
151 L Z-181.0 F0.2
152 L X370.0
153 L Z-181.45
154 L X367.1716 Z-182.8642
155 L Z-183.0 FQ3
156 L X196.0
157 L Z-182.55
158 L Z-180.55 F0.2
159 L X370.0
160 L Z-181.0
161 L X367.1716 Z-182.4142
162 L Z-182.55 FQ3
163 L X196.0
164 L Z-182.1
165 L Z-180.1001 F0.2
166 L X370.0 Z-180.1
167 L Z-180.55
168 L X367.1716 Z-181.9642
169 L Z-182.1 FQ3
170 L X196.0
171 L Z-181.6501
172 L Z-179.6501 F0.2
173 L X370.0
174 L Z-180.1
175 L X367.1716 Z-181.5143
176 L Z-181.6501 FQ3
177 L X196.0
178 L Z-181.2001
179 L Z-179.2001 F0.2
180 L X370.0
181 L Z-179.6501
182 L X367.1716 Z-181.0643
183 L Z-181.2001 FQ3
184 L X196.0
185 L Z-180.7501
186 L Z-178.7501 F0.2
187 L X370.0
188 L Z-179.2001
189 L X367.1716 Z-180.6143
190 L X400.0 Z-228.0001 FQ3
```

```
191 ; ---------------
192 ;  END TOOLPATH : ЧорнТорець2
193 ; ---------------
194 M09
195 M05
196 L M140 MBMAX FMAX
197 CYCL DEF 32.0 TOLERANCE
198 CYCL DEF 32.1
199 CYCL DEF 32.2
200 M30
201 END PGM 40 MM

100 ; ---------------------------------------
101 ; NO.| ID         | DIA.| TIP RAD| LENGTH
102 ; ---------------------------------------
103 ;   1|РізецьКанавк|     |  0.0   |
104 ; ---------------------------------------
0.00 BEGIN PGM 43 MM
105 ;  PROGRAM NAME  : 43
106 ;  PART NAME     : 4
107 ;  PROGRAM DATE  : 2025-12-05 - 11:07:47
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 ;   1|РізецьКанавк|     |  0.0   |
118 ; ---------------------------------------
119 ;
120 ;  NUMBER OF TOOLPATHS: 1.0
121 ;  ESTIMATED PROGRAM DURATION: 0 HOURS 0 MIN 45 SEC
122 ;
123 BLK FORM 0.1 Z X-85.0 Y-85.0 Z-81.2
124 BLK FORM 0.2 X85.0 Y85.0 Z1.0
125 ;
126 CYCL DEF 247 DATUM SETTING~
    Q339=+1; DATUM NUMBER
127 L M140 MBMAX FMAX
128 ; ---------------
129 ;  START TOOLPATH : КанавкаЧорн
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.    :1
138 ;  TOOL TYPE   :
139 ;  TOOL ID     : РізецьКанавк
```

```
140 ;  TOOL DIA    : 0.0 LENGTH 0.0
141 ;
142 TOOL CALL 1 Z S1000 DL+0.0 DR+0.0
143 M03
144 L X400.0 Y0.0 FMAX
145 L Z-228.0001 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 X369.5 Z-144.9694 R0 FQ3
151 L X364.5 F0.2
152 L X365.5
153 L X369.0 FQ3
154 L X365.5 F0.2
155 L X363.5
156 L X364.5
157 L X368.0 FQ3
158 L X364.5 F0.2
159 L X362.5
160 L X363.5
161 L X367.0 FQ3
162 L X363.5 F0.2
163 L X361.5
164 L X362.5
165 L X366.0 FQ3
166 L X362.5 F0.2
167 L X360.5
168 L X361.5
169 L X365.0 FQ3
170 L X361.5 F0.2
171 L X359.5
172 L X360.5
173 L X364.0 FQ3
174 L X360.5 F0.2
175 L X358.5
176 L X359.5
177 L X363.0 FQ3
178 L X359.5 F0.2
179 L X357.5
180 L X358.5
181 L X362.0 FQ3
182 L X358.5 F0.2
183 L X356.5
184 L X357.5
185 L X361.0 FQ3
186 L X357.5 F0.2
187 L X355.5
188 L X356.5
189 L X360.0 FQ3
190 L X356.5 F0.2
191 L X354.5
192 L X355.5
193 L X359.0 FQ3
```

194 L X355.5 F0.2
195 L X353.5
196 L X354.5
197 L X358.0 FQ3
198 L X354.5 F0.2
199 L X352.5
200 L X353.5
201 L X357.0 FQ3
202 L X353.5 F0.2
203 L X351.5
204 L X352.5
205 L X356.0 FQ3
206 L X352.5 F0.2
207 L X350.5
208 L X351.5
209 L X355.0 FQ3
210 L X351.5 F0.2
211 L X349.5
212 L X350.5
213 L X354.0 FQ3
214 L X350.5 F0.2
215 L X348.5
216 L X349.5
217 L X353.0 FQ3
218 L X349.5 F0.2
219 L X347.5
220 L X348.5
221 L X352.0 FQ3
222 L X348.5 F0.2
223 L X346.5
224 L X347.5
225 L X351.0 FQ3
226 L X347.5 F0.2
227 L X345.5
228 L X346.5
229 L X350.0 FQ3
230 L X346.5 F0.2
231 L X344.5
232 L X345.5
233 L X349.0 FQ3
234 L X345.5 F0.2
235 L X343.5
236 L X344.5
237 L X348.0 FQ3
238 L X344.5 F0.2
239 L X342.5
240 L X343.5
241 L X347.0 FQ3
242 L X343.5 F0.2
243 L X341.5
244 L X342.5
245 L X346.0 FQ3
246 L X342.5 F0.2
247 L X340.5

248 L X341.5
249 L X345.0 FQ3
250 L X341.5 F0.2
251 L X339.5
252 L X340.5
253 L X344.0 FQ3
254 L X340.5 F0.2
255 L X338.5
256 L X339.5
257 L X343.0 FQ3
258 L X339.5 F0.2
259 L X337.5
260 L X338.5
261 L X342.0 FQ3
262 L X338.5 F0.2
263 L X336.5
264 L X337.5
265 L X341.0 FQ3
266 L X337.5 F0.2
267 L X335.5
268 L X336.5
269 L X340.0 FQ3
270 L X336.5 F0.2
271 L X334.5
272 L X335.5
273 L X339.0 FQ3
274 L X335.5 F0.2
275 L X333.5
276 L X334.5
277 L X338.0 FQ3
278 L X334.5 F0.2
279 L X332.5
280 L X333.5
281 L X337.0 FQ3
282 L X333.5 F0.2
283 L X331.5
284 L X332.5
285 L X336.0 FQ3
286 L X332.5 F0.2
287 L X330.5
288 L X331.5
289 L X335.0 FQ3
290 L X331.5 F0.2
291 L X329.5
292 L X330.5
293 L X334.0 FQ3
294 L X330.5 F0.2
295 L X328.5
296 L X329.5
297 L X333.0 FQ3
298 L X329.5 F0.2
299 L X327.5
300 L X328.5
301 L X332.0 FQ3

302 L X328.5 F0.2
303 L X326.5
304 L X327.5
305 L X331.0 FQ3
306 L X327.5 F0.2
307 L X325.5
308 L X326.5
309 L X330.0 FQ3
310 L X326.5 F0.2
311 L X324.5
312 L X325.5
313 L X329.0 FQ3
314 L X325.5 F0.2
315 L X323.5
316 L X324.5
317 L X328.0 FQ3
318 L X324.5 F0.2
319 L X322.5
320 L X323.5
321 L X327.0 FQ3
322 L X323.5 F0.2
323 L X321.5
324 L X322.5
325 L X326.0 FQ3
326 L X322.5 F0.2
327 L X320.5
328 L X321.5
329 L X325.0 FQ3
330 L X321.5 F0.2
331 L X319.5
332 L X320.5
333 L X324.0 FQ3
334 L X320.5 F0.2
335 L X318.5
336 L X319.5
337 L X323.0 FQ3
338 L X319.5 F0.2
339 L X317.5
340 L X318.5
341 L X322.0 FQ3
342 L X318.5 F0.2
343 L X316.5
344 L X317.5
345 L X321.0 FQ3
346 L X317.5 F0.2
347 L X315.5
348 L X316.5
349 L X320.0 FQ3
350 L X316.5 F0.2
351 L X314.5184
352 L X315.5184
353 L X369.5 FQ3
354 L Z-140.9694
355 L X364.5 F0.2

356 L X365.5
357 L X368.7821 FQ3
358 L X365.5 F0.2
359 L X363.5
360 L X364.5
361 L X367.7821 FQ3
362 L X364.5 F0.2
363 L X362.5
364 L X363.5
365 L X366.7821 FQ3
366 L X363.5 F0.2
367 L X361.5
368 L X362.5
369 L X365.7821 FQ3
370 L X362.5 F0.2
371 L X360.5
372 L X361.5
373 L X364.7821 FQ3
374 L X361.5 F0.2
375 L X359.5
376 L X360.5
377 L X363.7821 FQ3
378 L X360.5 F0.2
379 L X358.5
380 L X359.5
381 L X362.7821 FQ3
382 L X359.5 F0.2
383 L X357.5
384 L X358.5
385 L X361.7821 FQ3
386 L X358.5 F0.2
387 L X356.5
388 L X357.5
389 L X360.7821 FQ3
390 L X357.5 F0.2
391 L X355.5
392 L X356.5
393 L X359.7821 FQ3
394 L X356.5 F0.2
395 L X354.5
396 L X355.5
397 L X358.7821 FQ3
398 L X355.5 F0.2
399 L X353.5
400 L X354.5
401 L X357.7821 FQ3
402 L X354.5 F0.2
403 L X352.5
404 L X353.5
405 L X356.7821 FQ3
406 L X353.5 F0.2
407 L X351.5
408 L X352.5
409 L X355.7821 FQ3

410 L X352.5 F0.2
411 L X350.5
412 L X351.5
413 L X354.7821 FQ3
414 L X351.5 F0.2
415 L X349.5
416 L X350.5
417 L X353.7821 FQ3
418 L X350.5 F0.2
419 L X348.5
420 L X349.5
421 L X352.7821 FQ3
422 L X349.5 F0.2
423 L X347.5
424 L X348.5
425 L X351.7821 FQ3
426 L X348.5 F0.2
427 L X346.5
428 L X347.5
429 L X350.7821 FQ3
430 L X347.5 F0.2
431 L X345.5
432 L X346.5
433 L X349.7821 FQ3
434 L X346.5 F0.2
435 L X344.5
436 L X345.5
437 L X348.7821 FQ3
438 L X345.5 F0.2
439 L X343.5
440 L X344.5
441 L X347.7821 FQ3
442 L X344.5 F0.2
443 L X342.5
444 L X343.5
445 L X346.7821 FQ3
446 L X343.5 F0.2
447 L X341.5
448 L X342.5
449 L X345.7821 FQ3
450 L X342.5 F0.2
451 L X340.5
452 L X341.5
453 L X344.7821 FQ3
454 L X341.5 F0.2
455 L X339.5
456 L X340.5
457 L X343.7821 FQ3
458 L X340.5 F0.2
459 L X338.5
460 L X339.5
461 L X342.7821 FQ3
462 L X339.5 F0.2
463 L X337.5

464 L X338.5
465 L X341.7821 FQ3
466 L X338.5 F0.2
467 L X336.5
468 L X337.5
469 L X340.7821 FQ3
470 L X337.5 F0.2
471 L X335.5
472 L X336.5
473 L X339.7821 FQ3
474 L X336.5 F0.2
475 L X334.5
476 L X335.5
477 L X338.7821 FQ3
478 L X335.5 F0.2
479 L X333.5
480 L X334.5
481 L X337.7821 FQ3
482 L X334.5 F0.2
483 L X332.5
484 L X333.5
485 L X336.7821 FQ3
486 L X333.5 F0.2
487 L X331.5
488 L X332.5
489 L X335.7821 FQ3
490 L X332.5 F0.2
491 L X330.5
492 L X331.5
493 L X334.7821 FQ3
494 L X331.5 F0.2
495 L X329.5
496 L X330.5
497 L X333.7821 FQ3
498 L X330.5 F0.2
499 L X328.5
500 L X329.5
501 L X332.7821 FQ3
502 L X329.5 F0.2
503 L X327.5
504 L X328.5
505 L X331.7821 FQ3
506 L X328.5 F0.2
507 L X326.5
508 L X327.5
509 L X330.7821 FQ3
510 L X327.5 F0.2
511 L X325.5
512 L X326.5
513 L X329.7821 FQ3
514 L X326.5 F0.2
515 L X324.5
516 L X325.5
517 L X328.7821 FQ3

518 L X325.5 F0.2
519 L X323.5
520 L X324.5
521 L X327.7821 FQ3
522 L X324.5 F0.2
523 L X322.5
524 L X323.5
525 L X326.7821 FQ3
526 L X323.5 F0.2
527 L X321.5
528 L X322.5
529 L X325.7821 FQ3
530 L X322.5 F0.2
531 L X320.5
532 L X321.5
533 L X324.7821 FQ3
534 L X321.5 F0.2
535 L X319.5
536 L X320.5
537 L X323.7821 FQ3
538 L X320.5 F0.2
539 L X318.5
540 L X319.5
541 L X322.7821 FQ3
542 L X319.5 F0.2
543 L X317.5
544 L X318.5
545 L X321.7821 FQ3
546 L X318.5 F0.2
547 L X316.5
548 L X317.5
549 L X320.7821 FQ3
550 L X317.5 F0.2
551 L X315.5
552 L X316.5
553 L X319.7821 FQ3
554 L X316.5 F0.2
555 L X314.5286
556 L X315.9428 Z-141.6765
557 L X369.5 FQ3
558 L Z-136.9694
559 L X364.5 F0.2
560 L X365.5
561 L X368.7821 FQ3
562 L X365.5 F0.2
563 L X363.5
564 L X364.5
565 L X367.7821 FQ3
566 L X364.5 F0.2
567 L X362.5
568 L X363.5
569 L X366.7821 FQ3
570 L X363.5 F0.2
571 L X361.5

572 L X362.5
573 L X365.7821 FQ3
574 L X362.5 F0.2
575 L X360.5
576 L X361.5
577 L X364.7821 FQ3
578 L X361.5 F0.2
579 L X359.5
580 L X360.5
581 L X363.7821 FQ3
582 L X360.5 F0.2
583 L X358.5
584 L X359.5
585 L X362.7821 FQ3
586 L X359.5 F0.2
587 L X357.5
588 L X358.5
589 L X361.7821 FQ3
590 L X358.5 F0.2
591 L X356.5
592 L X357.5
593 L X360.7821 FQ3
594 L X357.5 F0.2
595 L X355.5
596 L X356.5
597 L X359.7821 FQ3
598 L X356.5 F0.2
599 L X354.5
600 L X355.5
601 L X358.7821 FQ3
602 L X355.5 F0.2
603 L X353.5
604 L X354.5
605 L X357.7821 FQ3
606 L X354.5 F0.2
607 L X352.5
608 L X353.5
609 L X356.7821 FQ3
610 L X353.5 F0.2
611 L X351.5
612 L X352.5
613 L X355.7821 FQ3
614 L X352.5 F0.2
615 L X350.5
616 L X351.5
617 L X354.7821 FQ3
618 L X351.5 F0.2
619 L X349.5
620 L X350.5
621 L X353.7821 FQ3
622 L X350.5 F0.2
623 L X348.5
624 L X349.5
625 L X352.7821 FQ3

626 L X349.5 F0.2
627 L X347.5
628 L X348.5
629 L X351.7821 FQ3
630 L X348.5 F0.2
631 L X346.5
632 L X347.5
633 L X350.7821 FQ3
634 L X347.5 F0.2
635 L X345.5
636 L X346.5
637 L X349.7821 FQ3
638 L X346.5 F0.2
639 L X344.5
640 L X345.5
641 L X348.7821 FQ3
642 L X345.5 F0.2
643 L X343.5
644 L X344.5
645 L X347.7821 FQ3
646 L X344.5 F0.2
647 L X342.5
648 L X343.5
649 L X346.7821 FQ3
650 L X343.5 F0.2
651 L X341.5
652 L X342.5
653 L X345.7821 FQ3
654 L X342.5 F0.2
655 L X340.5
656 L X341.5
657 L X344.7821 FQ3
658 L X341.5 F0.2
659 L X339.5
660 L X340.5
661 L X343.7821 FQ3
662 L X340.5 F0.2
663 L X338.5
664 L X339.5
665 L X342.7821 FQ3
666 L X339.5 F0.2
667 L X337.5
668 L X338.5
669 L X341.7821 FQ3
670 L X338.5 F0.2
671 L X336.5
672 L X337.5
673 L X340.7821 FQ3
674 L X337.5 F0.2
675 L X335.5
676 L X336.5
677 L X339.7821 FQ3
678 L X336.5 F0.2
679 L X334.5

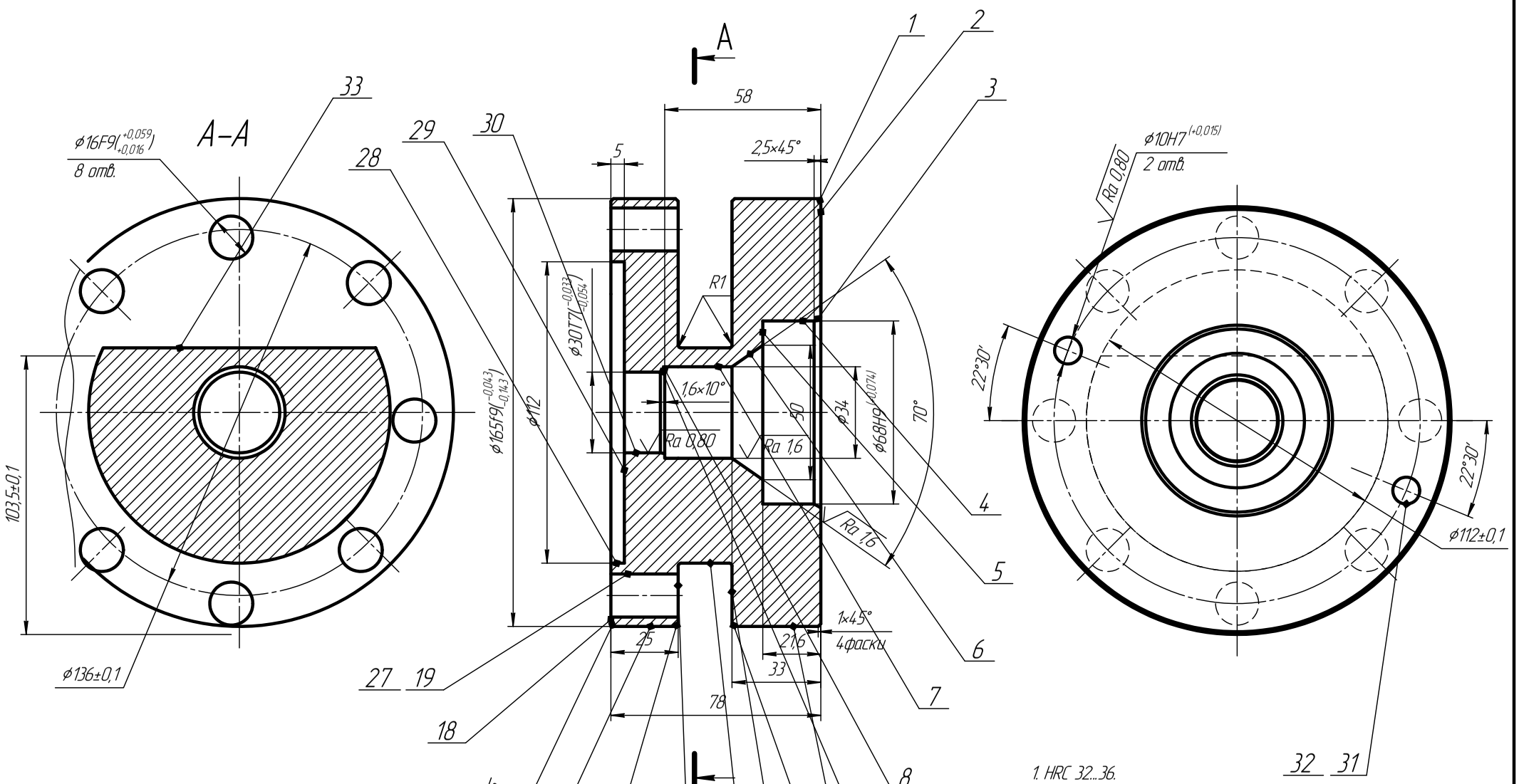
680 L X335.5
681 L X338.7821 FQ3
682 L X335.5 F0.2
683 L X333.5
684 L X334.5
685 L X337.7821 FQ3
686 L X334.5 F0.2
687 L X332.5
688 L X333.5
689 L X336.7821 FQ3
690 L X333.5 F0.2
691 L X331.5
692 L X332.5
693 L X335.7821 FQ3
694 L X332.5 F0.2
695 L X330.5
696 L X331.5
697 L X334.7821 FQ3
698 L X331.5 F0.2
699 L X329.5
700 L X330.5
701 L X333.7821 FQ3
702 L X330.5 F0.2
703 L X328.5
704 L X329.5
705 L X332.7821 FQ3
706 L X329.5 F0.2
707 L X327.5
708 L X328.5
709 L X331.7821 FQ3
710 L X328.5 F0.2
711 L X326.5
712 L X327.5
713 L X330.7821 FQ3
714 L X327.5 F0.2
715 L X325.5
716 L X326.5
717 L X329.7821 FQ3
718 L X326.5 F0.2
719 L X324.5
720 L X325.5
721 L X328.7821 FQ3
722 L X325.5 F0.2
723 L X323.5
724 L X324.5
725 L X327.7821 FQ3
726 L X324.5 F0.2
727 L X322.5
728 L X323.5
729 L X326.7821 FQ3
730 L X323.5 F0.2
731 L X321.5
732 L X322.5
733 L X325.7821 FQ3

```
734 L X322.5 F0.2
735 L X320.5
736 L X321.5
737 L X324.7821 FQ3
738 L X321.5 F0.2
739 L X319.5
740 L X320.5
741 L X323.7821 FQ3
742 L X320.5 F0.2
743 L X318.5
744 L X319.5
745 L X322.7821 FQ3
746 L X319.5 F0.2
747 L X317.5
748 L X318.5
749 L X321.7821 FQ3
750 L X318.5 F0.2
751 L X316.5
752 L X317.5
753 L X320.7821 FQ3
754 L X317.5 F0.2
755 L X315.5
756 L X316.5
757 L X319.7821 FQ3
758 L X316.5 F0.2
759 L X314.5388
760 L X315.9531 Z-137.6765
761 L X369.5 FQ3
762 L Z-148.9694
763 L X367.0591 F0.2
764 L X364.622 Z-147.7508
765 L X314.9627 Z-147.7237
766 L X314.6644 Z-147.6321
767 L X314.512 Z-147.4546
768 L X369.5 FQ3
769 L Z-132.5303
770 L X367.0609 F0.2
771 L X364.6224 Z-133.7501
772 L X315.0482 Z-133.7621
773 L X314.7135 Z-133.8413
774 L X314.5465 Z-133.9863
775 L X314.512 Z-147.4546
776 L X316.512 Z-146.4546
777 L X369.5 FQ3
778 L X400.0 Z-228.0001
779 ; ----------
780 ;  END TOOLPATH : КанавкаЧорн
781 ; ----------
782 M09
783 M05
784 L M140 MBMAX FMAX
785 CYCL DEF 32.0 TOLERANCE
786 CYCL DEF 32.1
787 CYCL DEF 32.2
```

```
788 M30
789 END PGM 43 MM
```

НПО-22.05.01.007

Ra 3,2 (√)



1. HRC 32...36.
2. H12, h12, ± IT12/2.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	НПО-22.05.01.007	
Разраб.		Дилишин С.В.			Корпус нижній	Лит. / Масса / Масштаб: 1:1
Пров.		Пітулей Л.Д.				Лист 1 / Листов 1
Т.контр.		Пітулей Л.Д.				
Н.контр.		Пітулей Л.Д.			Сталь 40Х ДСТУ 4543:2011	ІФНТУНГ ПМКм-24-1
Утв.		Панчук В.Г.				

Копировал

Формат А2

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Дубл.			
Взамін.			
Підпис			

					Зм	Ар	№док.	Підпис	Дата

І Ф Н Т У Н Г	ПМКм-24-1	
Корпус нижній НПО-22.05.01.007	н	

Кафедра _КМВ
“Затверджую”
Зав.кафедрою : Панчук В.Г.

КОМПЛЕКТ
технологічної
документації

Технологічний процес
механічної обробки
Корпус нижній НПО-22.05.01.007

Розробив *Ділишин С.В.*

Перевірив *Пітулей Л.Д.*

Акт № ***_389___ від “ 10 ” _листопада 2025 р.***

ДСТУ3.1118:2002 Форма 1

				Зм	Ар	№док.	Підпис	Дата	

Дубл.						
Взамін.						
Підпис						

Розробив	Ділишин С.В.			ІФНТУНГ	ПМКм-24-1	
Перевірив	Пітулей Л.Д.					
Т.контр.	Пітулей Л.Д.					
Реценз.				Корпус нижній НПО-22.05.01.007	КП	1
Н. контр.	Пітулей Л.Д.					

М01	Поковка ДСТУ 7505-2009											
	Код		ОВ	МД	ОМ	Н.роз	КВМ	код.загот	Профіль і розміри		КД	МЗ
М02			кг	3.5	1		0,64	0950003	Ø170х80			3.5

А	Цех	Уч	Рм	Опер	Код найменування операції	Позначення документу										
Б	Код найменування обладнання					См	Проф.	Р	Уп	Кр	Ковд	Он	Оп	Кшт	Тп.з	Т.шт
Р						ПИ	D або В		L		t	i	S		n	v
А 01				015	4261 Токарна з ЧПК		60143.0201; 20143. 02101; ІОП 3800-95									
Б 02	381101 токарний з ЧПК мод. HAAS ST-25;						18225	3	10	1	1	1	175	1	5	11.25
03																
А04				020	4261 Токарна з ЧПК		60143.0201; 20143. 02101; ІОП 3800-95									
Б05	381101 Токарний з ЧПК мод. HAAS ST-25						18548	3	10	1	1	1	175	1	14	14.23
06																
А07				025	4261 Токарна з ЧПК		60143.0201; 20143. 02101; ІОП 3800-95									
Б08	381101 Токарний з ЧПК мод. HAAS ST-25						18696	3	10	1	1	1	175	1	34	15.43
09																
МК																

ДСТУ 3.1118:2002 Форма 1б

Дубл.			
Взамін.			
Підпис			

Корпус нижній НПО-22.05.01.007

2

Розробив	Ділишин С.В.			ІФНТУНГ	ПМКм-24-1
Перевірив	Пітулей Л.Д.				

А	Цех	Уч	Рм	Опер	Код, найменування операції	Позначення документу										
Б	Код, назва обладнання					См	Проф.	Р	Уп	Кр	Ковд	Он	Оп	Кшт	Тп.з	Т.шт
К/М	Назва деталі, скл. одиниці або матеріалу					Позначення, код						ППН	ОВ	ОН	КВ	Н. витр
А01				030	4261 Вертикально-фрезерна		6014.3.0201; 2014.3. 02101; ІОП 3800-95									
Б02	381101 Фрезерна верстат мод. JET JTM-1050TS.						18698	3	10	1	1	1	175	1	24	15.55
03																
А04				035	0210 Термічна											
Б05	XXXXXX Термопіч															
06																
07				035	0220 Контрольна		12287	4	10	1	1	1	175	1	32	22.45
А08	3816xx Контрольний стіл															
09																
10																
11																
12																
13																
14																
15																
16																
17																
МК																

ДСТУ3.1404:2006 Форма 3а

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

Розробив	Ділишин С.В.			ІФНТУНГ	ПМКм-24-1	
Перевірив	Пітулей Л.Д.					
Т.контр.	Пітулей Л.Д.					
Реценз.				Корпус нижній НПО-22.05.01.007		
Н. контр.	Пітулей Л.Д.					

Назва операції	Матеріал	Твердість	ОВ	МД	Профіль і розміри	МЗ	Конд
020 Токарна з ЧПК	40Х ДСТУ 4543:2011	32HRC		3.5	Ø170х80	3.5	1

Обладнання, пристрій ЧПК	Позначення програми	То	Тв	Тп.з	Тшт.	МОР
Верстат з ЧПК мод. HAAS ST-25		3.14	3,66	26	15.43	Емульсія

Р		ПН	Dабо В	L	t	і	s	n	v
01			мм	мм	мм	—	мм/об	об/хв	м/хв
О02	А Установити, закріпити заготовку								
Т03	ПР: Патрон 7100-0010 ДСТУ2675:2000								
04	РІ: Різець2103-0007 Т5К10 ДСТУ18879:2003								
Р05	1 Обточити пов. до Ø 165f9	1	77	21.5	2.1	1	0.7	600	128
06	ЗВ: Мікрометр МК150-175ДСТУ 6507:2010								
07									
Р08	2 Точити фаску 1 1х45^0 по Ø 165мм	1	77	18	1.0	1	0.6	830	143
09									
10	ЗВ: Переустановити і закріпити деталь								
11									
12									

ОК	Обробка різанням

Дубл.			
Взамін. Підпис			

					Зм	Ар	№док.	Підпис	Дата

Розробив	Ділишин С.В.			ІФНТУНГ	ПМКм-24-1
Перевірив	Пітулей Л.Д.				
Т.контр.	Пітулей Л.Д.				
Реценз.				Корпус нижній НПО-22.05.01.007	
Н. контр.	Пітулей Л.Д.				

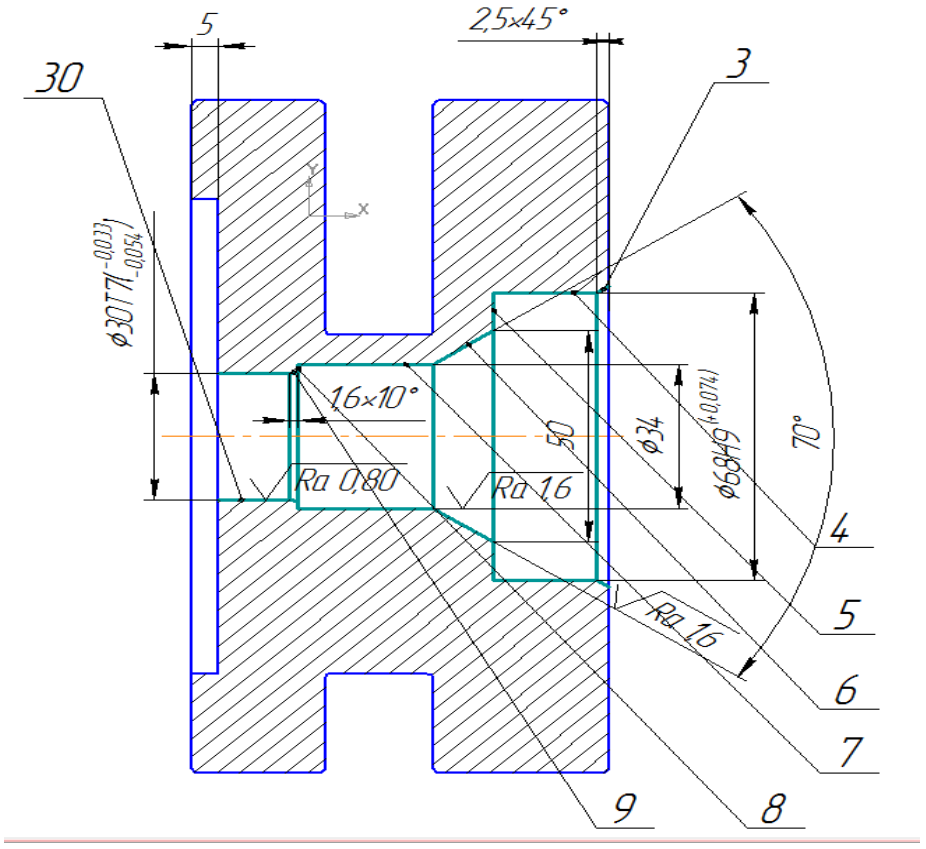
Р		ПН	Dабо В	L	t	i	s	n	v
01			мм	мм	мм	–	мм/об	об/хв	м/хв
02	4 Розточити фаску (пов. 3 в розмір 2,5х45^0)за Ø 68	1	70	1.6	1.6	1		280	120
Р03	5Розточити пов.4 в розмір Ø 68Н9	1	76	1.6	1.6	1	1.0	340	120
04	РІ Різець2112-0015 Т15К6 ДСТУ18879:2003								
05	ЗВ Штангенциркуль І-125-0.05 ДСТУ166:2009								
06									
Р07	6 Розточити конічну пов.6 під кутом 70°								
08	РІ Різець2103-0007 Т15К6 ДСТУ18879:2003								
09	7 Розточити пов.7 Ø 34	1	43	51	2.06	1	0.8	480	120
10	8 Точити фаску пов.9 1.6х10^0	1	46.2	51	0.5	1	0.6	660	168
Р11	9 Розточити пов. 30 Ø 30Т7 на прохід	1	45.4	56	0.35	1	0.4	800	202
12	РІ: Різець 2140-0073Т15К6 ДСТУ18879:2003								
13	ЗВ: Нутромір Н1 50-1 ДСТУ 868:2002)								
14	Б Зняти деталь								
15	4 Розточити фаску пов. 3 2,5х45^0 по Ø 68	1	76	1.6	1.6	1	1.0	340	120

ОК	Обробка різанням

ДСТУ 3.1105:2004 Форма 7

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

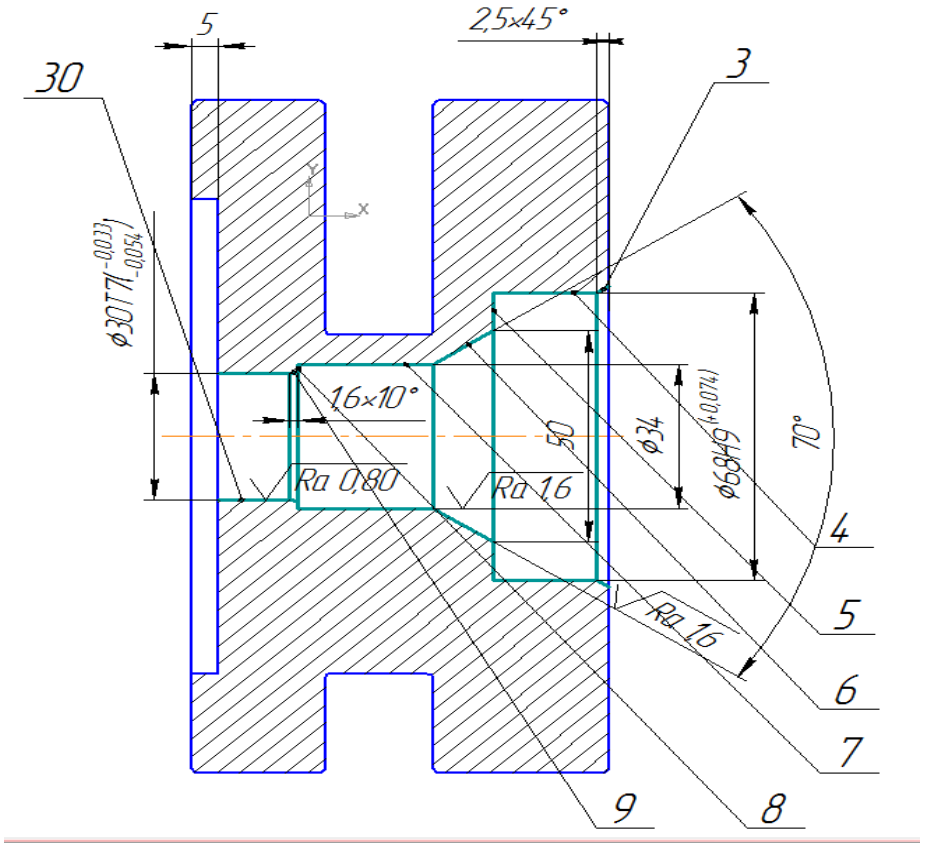
Розробив	Ділишин С.В.			І Ф Н Т У Н Г			
Перевірив	Пітулей Л.Д.						
Т.контр.	Пітулей Л.Д.						
Реценз.				Корпус нижній НПО-22.05.01.007	Н		020
Н. контр.	Пітулей Л.Д.						



КЕ	

										ДСТУ 3.1105:2004 Форма 7						
Дубл.																
Взамін.																
Підпис											Зм	Ар	№док.	Підпис	Дата	

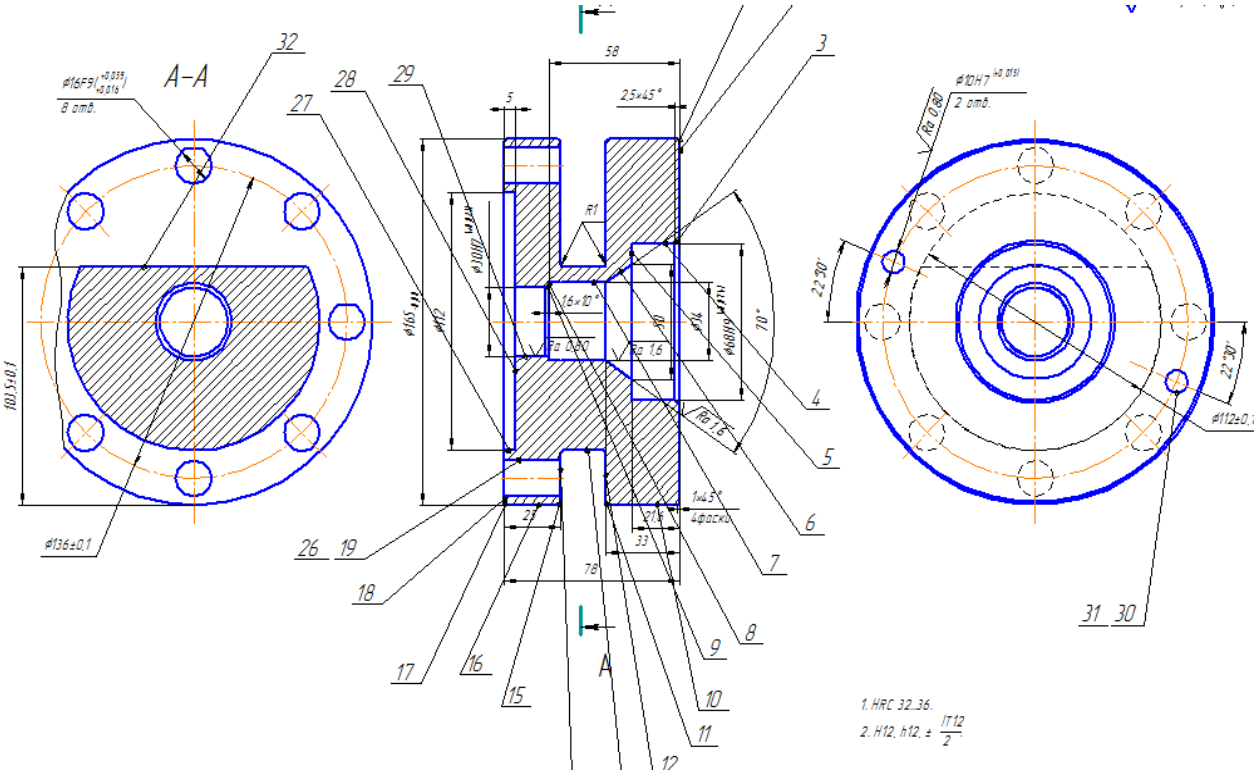
Розробив	Ділишин С.В.			І Ф Н Т У Н Г	ПМКм-24-1		
Перевірив	Пітулей Л.Д.						
Т.контр.	Пітулей Л.Д.						
Реценз.				Корпус нижній НПО-22.05.01.007		Н	020
Н. контр.	Пітулей Л.Д.						



КЕ	

Дубл.									
Взам.									
Оригінал					Зм	Ар	№док.	Підпис	Дата

Розробив	Ділишин С.В.				ПМКм-24-1	
Перевірив	Пітулей Л.Д.					
Т.контр.	Пітулей Л.Д.					
Реценз.				Корпус нижній НПО-22.05.01.007		
Н. контр.	Пітулей Л.Д.					



КЕ	Контроль розмірів

ДСТУ3.1502:2005 Форма 2

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

Розробив	Ділишин С.В.			І Ф Н Т У Н Г	ПМКм-24-1	
Перевірив	Пітулей Л.Д.					
Т.контр.	Пітулей Л.Д.					
Реценз.				Корпус насоса НПО-25.06.02.014	Н	
Н. контр.	Пітулей Л.Д.					

Назва операції	Матеріал	Твердість	ОВ	МД	Профіль і розміри	МЗ	Конд
035 Контрольна	40Х ДСТУ 4543:2011НВ217		кг	3.5	Ø170х70	3.5	

№ пер ех	Зміст переходу	Код засобів ТО	Найменування засобів ТО	Відсоток контролю	Особливі вказівки
01	Перевірити розмір $78_{-0.19}$	014311.XXXX	Штангенциркуль І-125-0.05 ДСТУ166:2009	100	
02	Перевірити розмір $24_{-0.13}$	014311.XXXX	Штангенциркуль І-125-0.05 ДСТУ166:2009	100	
03	Перевірити розмір 16±0.21	014311.XXXX	Штангенциркуль І-125-0.05 ДСТУ166:2009	60	
04	Перевірити діаметр Ø 165h11	014311.XXXX	Штангенциркуль І-125-0.05 ДСТУ166:2009	60	
05	Перевірити діаметр Ø 68Н8	014311.XXXX	Мікрометр МК75-175ДСТУ 6507:2010	60	
06				60	
07	Контролювати неперпендикулярність	014311.XXXX	Спеціальний пристрій для вимірювання	60	
08	торця відносно Ø 30Н7		неперпендикулярності		
09					
10					
11					
12					
13					
14					
16					
КТК	035 Контрольна				

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Документація		
A1			МР.ПМК–007.04.00.000 СК	Складальне креслення	X	
				Складальні одиниці		
		1	.МР.ПМК–007.04.01.000	Корпус	1	
				Деталі		
		2	МР.ПМК–007.04.00.002	Плита	1	
		3	МР.ПМК–007.04.00.003	Призма	1	
		4	МР.ПМК–007.04.00.004	Шайба	1	
		5	МР.ПМК–007.04.00.005	Корпус	2	
		6	МР.ПМК–007.04.00.006	Палець	2	
		7	МР.ПМК–007.04.00.007	Лапа	2	
		8	МР.ПМК–007.04.00.008	Корпус	1	
		9	МР.ПМК–007.04.00.009	Кришка передня	1	
		10	МР.ПМК–007.04.00.010	Кришка задня	1	
		11	МР.ПМК–007.04.00.011	Поршень	1	
		12	МР.ПМК–007.04.00.012	Шток	1	
				Стандартні вироби		
				Болти ДСТУ7806:2001		
		13		М4х20.58.05	8	
		14		М16х50.58.05	8	

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Ділишин С.В.		
Пров.		Пітулей Л.Д.		
Реценз.				
Н.контр.		Пітулей Л.Д.		
Утв.		Панчук В.Г.		

МР.ПМК–007.04.00.000 СК

Пристрій фрезерний

Лит.	Лист	Листов
Н	1	3

ІФНТУНГ ПМКм–24–1

Копировал

Формат А4

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме-чание
		15		Болт М16х80.58.05	4	
				ДСТУ 7815:2001		
		16		Гвинт М6х30-6.88	3	
				ДСТУ 1491:2001		
				Гвинти ДСТУ 1493:2001		
		17		М10х80-6.88	4	
		18		М12х80-6.88	2	
		19		Гайка М16.05	10	
				ДСТУ 5925:2005		
		20		Гайка М24.05	1	
				ДСТУ 5927:2005		
		21		Гайка М20.05	5	
				ДСТУ 5732:2005		
		22		Втулка С16.05.60	5	
				ДСТУ 7431:2006		
				Кільця ДСТУ 9748:2003		
		23		40х28х60	2	
		24		200х184х80	4	
		25		Кільце 60х40х100	2	
				ДСТУ 11347:2003		
		26		Кран розподільчий В22-71	1	
				ДСТУ 8792:2003		
		27		Пружина №214	2	
				ДСТУ 3266:2001		
				Шайби ДСТУ 6402:2003		
		28		4.65Г	8	
		29		6.65Г	3	
		30		10.65Г	2	
		31		12.65Г	2	
		32		16.65Г	18	
		33		Шайба 16.05.88	5	
				ДСТУ 10954:2007		

Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	МР.ПМК-007.04.00.000 СК	Лист 2

Копировал Формат А4

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме-чание
		34		Шайба 24.05.88	1	
				ДСТУ 11453:2005		
				Шпильки ДСТУ 22032:2007		
		35		М16х200.88.05	2	
		36		М16х220.88.05	2	
		37		Шпонка 7032-4005	2	
				ДСТУ 5435:2001		
				Штифти ГОСТ6288-75		
		38		10т6х40	2	
		39		10т6х80	2	
		40		Штуцер 16.60.68	5	
				ДСТУ 18372:2005		
		41		Рим-болт М12.60.08	4	
				ДСТУ 7903:2007		
		42		Установ 7162-4002	1	
				ДСТУ 4491:2003		
		43		Щуп 1407-5245	1	
				ДСТУ 5218:2008		
				Матеріали		
		44		Рукав В-16		L=1,8 м
				ДСТУ 11074:2003		

Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	МР.ПМК-007.04.00.000 СК	Лист 3

Копировал Формат А4

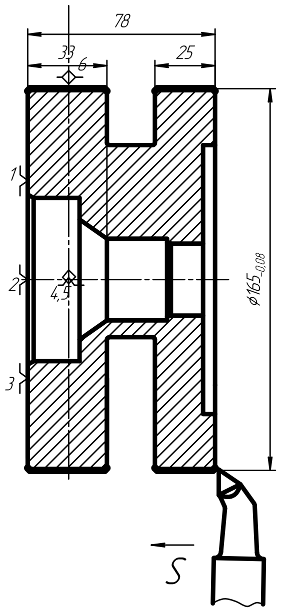


Рисунок 1 – Ескіз обробки

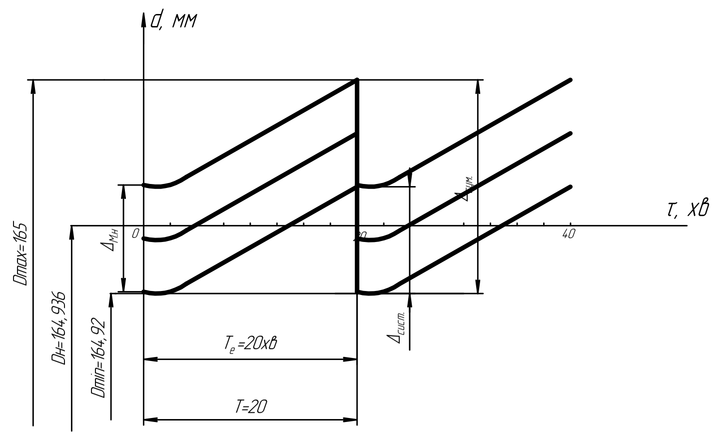


Рисунок 2 – Теоретична діаграма точності

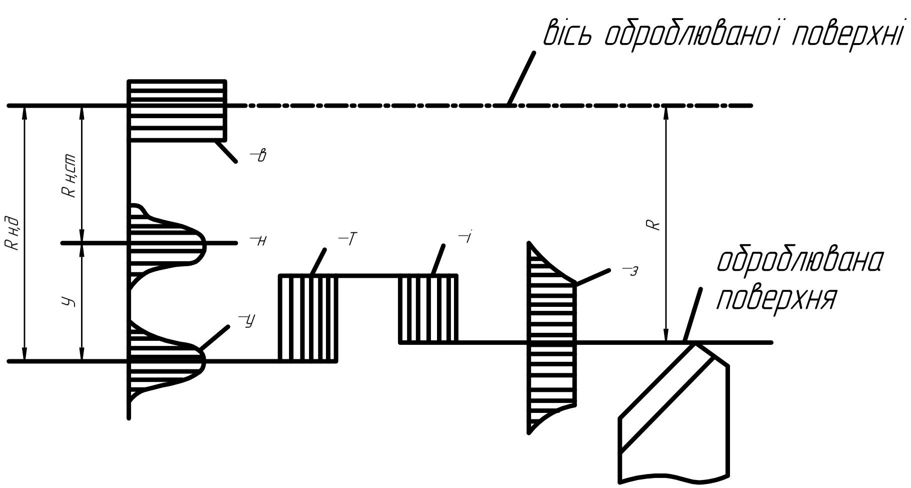


Рисунок 3 – Схема технологічного розмірного ланцюга

R, $R_н$,ст, $R_{нд}$ – відповідно радіуси обробки (замикаюча ланка), статичного настроювання, динамічного настроювання.

У – постійна складова похибки від деформації системи ВПІД під дією сил різання

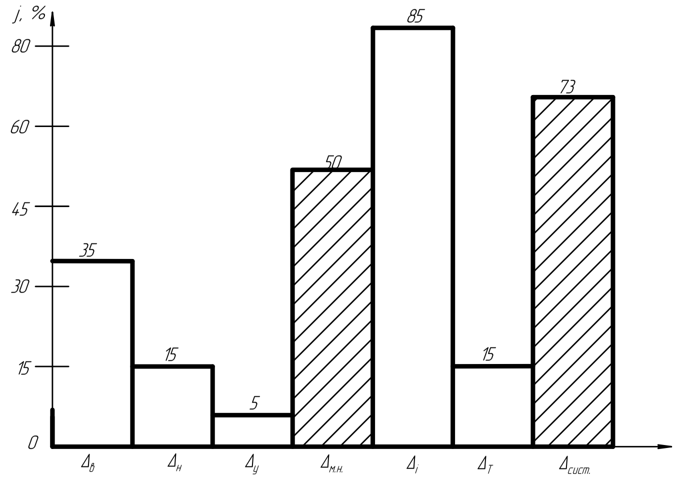


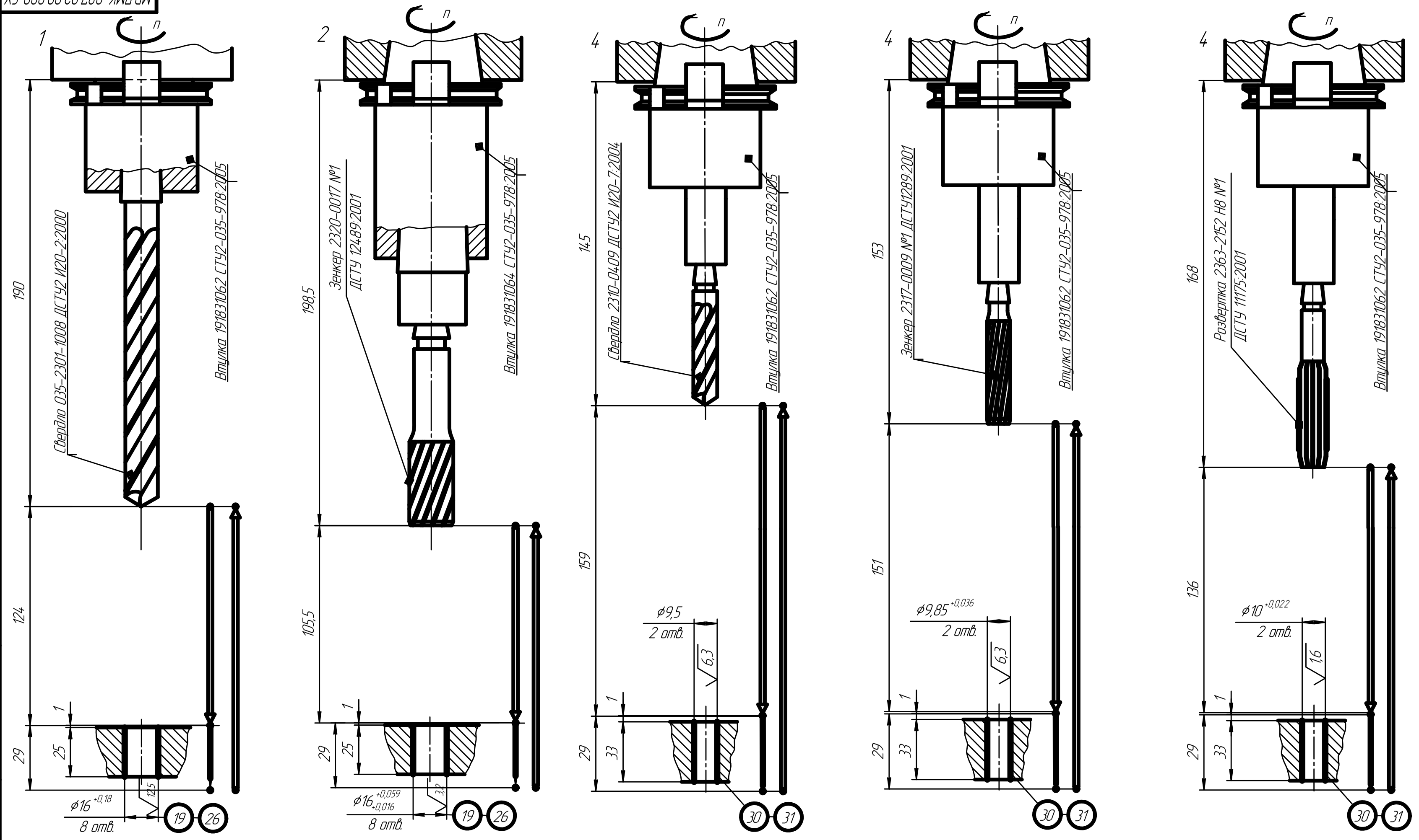
Рисунок 4 – Гістограма похибок

МР.ПМК-007.01.00.000 СХ				
Зм. Лист	№ докум.	Підп.	Дата	
Розроб.	Ділишин С.В.			Аналіз точності
Пров.	Пітулей Л.Д.			Літ. / Маса / Масштаб: 1:1
Т.контр.	Пітулей Л.Д.			Лист / Листов
Реценз.				ІФНТУНГ ПМКм-24-1
Н.контр.	Пітулей Л.Д.			
Затв.	Панчук В.Г.			

Копіював Формат А1

МР.ПМК-007.01.00.000 СХ

Перв. примен. | Справ. № | Підп. і дата | Інв. № дубл. | Взам. інв. № | Підп. і дата | Інв. № підл.



Операційний ескіз

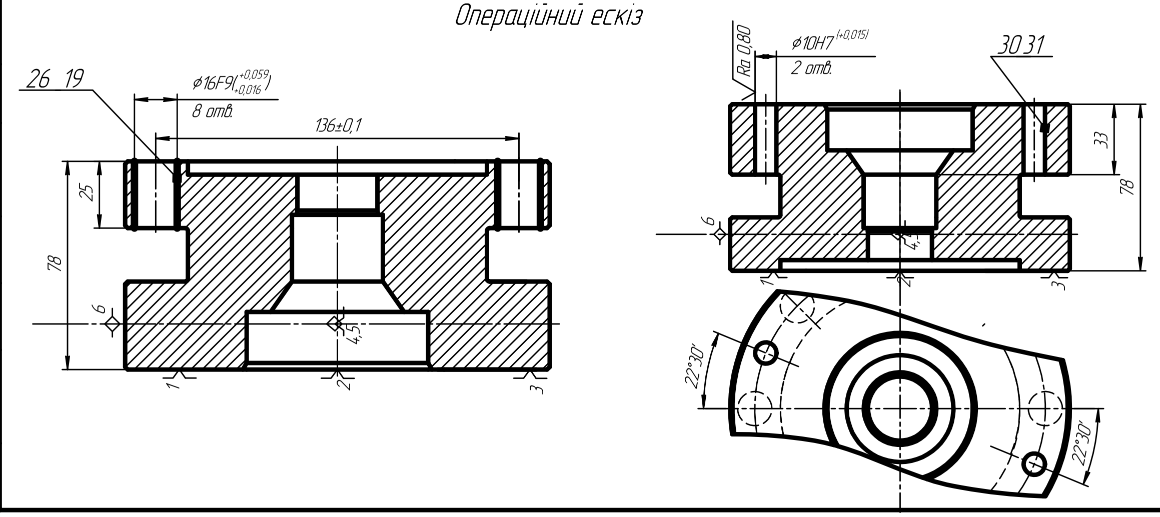
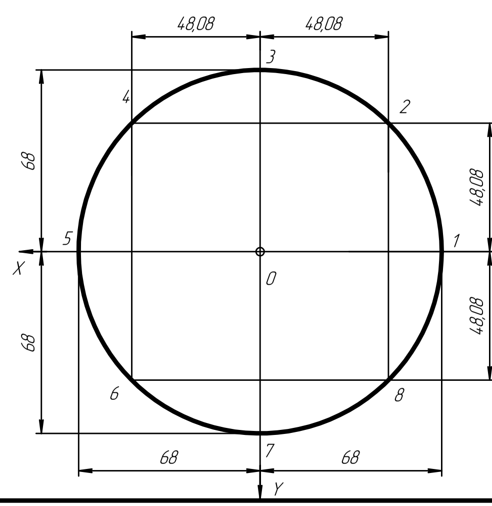
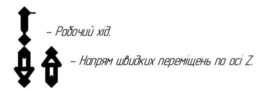


Схема розташування опорних точок



Умовні позначення до циклограм



Координати опорних точок

Коор-динати	№ опорної точки							
	1	2	3	4	5	6	7	8
X	68	-48,08	0	48,08	68	48,08	0	-48,08
Y	0	-48,08	-68	-48,08	0	48,08	68	48,08

Розрахунково-технологічна карта

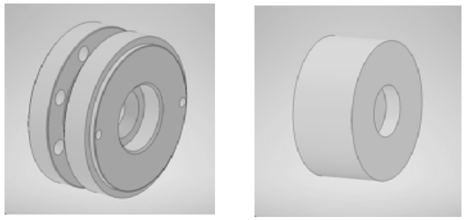
Деталь		Операція			Верстат			Система ЧПК						
Корпус нижній НПО-22.05.01.007		025			Свердлильний з ЧПК мод. М-КВМ 50			Координата С70-3						
№ опорної точки	Геометрична інформація				Технологічна інформація									
	X, мм	Y, мм	Z, мм	R, мм	t, мм	S, мм/об	S, мм/хв	V, м/хв	n, хв$^{-1}$	Напрям обертання	Охолод-ження	№ інстр.	L, № ко-рек-тора
1	0	-92,5	34,5	72,5	8,75	0,126	63	33,08	500	пр	+	1	01
2	-49,56	-78,10											
3	-88,83	-25,81											
4	88,83	25,81											
5	-49,56	78,10											
6	0	92,5											
7	49,56	78,10											
8	88,83	25,81											
9	88,83	-25,81											
10	49,56	-78,10											
10	49,56	-78,10	4,0	52,5	2,5	0,126	31,5	19,63	250	пр	+	2	02
9	88,83	-25,81											
8	88,83	25,81											
7	49,56	78,10											
6	0	92,5											
5	-49,56	78,10											
4	88,83	25,81											
3	-88,83	-25,81											
2	-49,56	-78,10											
1	0	-92,5											
1	0	-92,5	27,5	10	1,25	2,5	(312,5)	7,85	125	пр	+	2	03
2	-49,56	-78,10											
3	-88,83	-25,81											
4	88,83	25,81											
5	-49,56	78,10											
6	0	92,5											
7	49,56	78,10											
8	88,83	25,81											
9	88,83	-25,81											
10	49,56	-78,10											

МР.ПМК-007.02.00.000 СХ

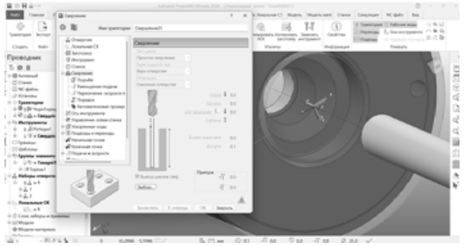
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Карта налагодження на свердлильну операцію з ЧПК	Літ.	Маса	Масштаб
Розроб.		Шилишин С.В.						1:1
Перев.		Пітулей Л.Д.				Аркуш		Аркушів 1
Т.контр.		Пітулей Л.Д.				ІФНТУНГ ПМКм-24-1		
Реценз.								
Н.контр.		Пітулей Л.Д.						
Затв.		Панчук В.Г.						

Копіював Формат А1

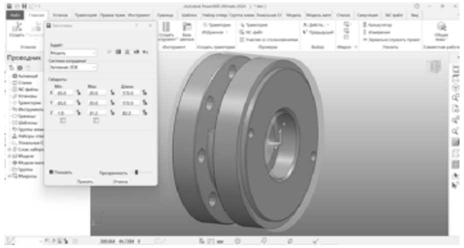
Перв. примен. Справ. № Підп. і дата Інв. № дубл. Взам. інв. № Підп. і дата Інв. № подл.



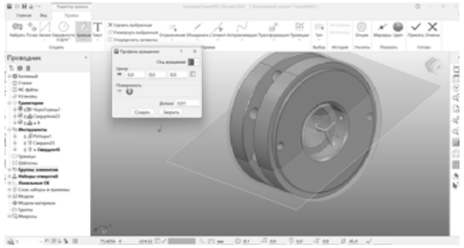
3D-моделі деталі та заготовки



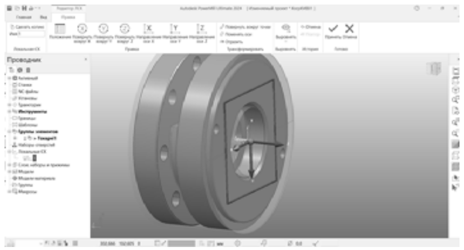
Проектування свердління



Модель, імпортована в систему PowerMill та вибір способу задання заготовки



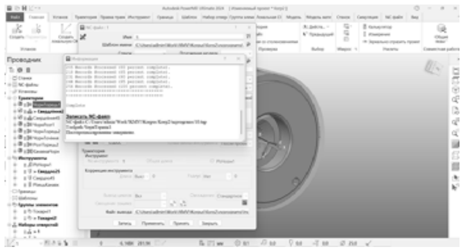
Осьовий перетин площиною



Створення локальної системи координат

Проектування розточування

Проектування чорнового точіння торця



Створення і розрахунок NC файла

Керуючі програми:

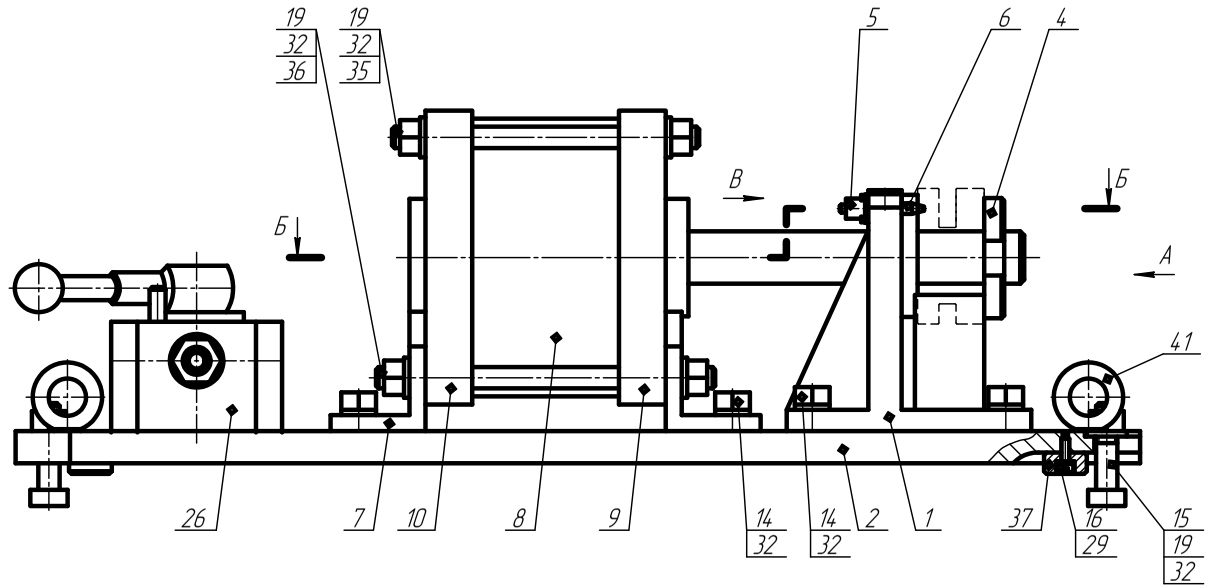
```
100 ; ------------------------------------
101 ; NO.| ID     | DIA.| TIP RAD| LENGTH
102 ; ------------------------------------
103 ;   1|РізЧорн1|    | 0.0  |
104 ; ------------------------------------
0.00 BEGIN PGM 10 MM
105 ;  PROGRAM NAME  : 10
106 ;  PART NAME     : 1
107 ;  PROGRAM DATE  : 2025-12-05 - 11:03:03
108 ;  PROGRAMMED BY : ADMIN
109 ;  POWERMILL CB  : 2024019.0
110 ;  POST VER      : 2024.0.0.5142
111 ;  OPTION FILE   : HEIDENHAINMOD
112 ;  OUTPUT WORKPLANE : 1
120 ;  NUMBER OF TOOLPATHS: 1.0
121 ;  ESTIMATED PROGRAM DURATION: 0 H 0 M 6 S
122 ;
123 BLK FORM 0.1 Z X-85.0 Y-85.0 Z-81.2
124 BLK FORM 0.2 X85.0 Y85.0 Z1.0
125 ;
126 CYCL DEF 247 DATUM SETTING~
   Q339=+1; DATUM NUMBER
127 L M140 MBMAX FMAX
128 ; ---------------
129 ;  START TOOLPATH : ЧорнТорець1
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.    :1
138 ;  TOOL TYPE   :
139 ;  TOOL ID     : РізЧорн1
140 ;  TOOL DIA    : 0.0 LENGTH 0.0
141 ;
142 TOOL CALL 1 Z S1000 DL+0.0 DR+0.0
143 M03
144 L X400.0 Y0.0 FMAX
145 L Z-50.0 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 X257.2 Z-96.75 R0 FQ3
151 L Z-99.2501 F0.2
152 L X370.0
153 L Z-98.75
154 L X367.1716 Z-97.3358
155 L X400.0 Z-50.0 FQ3
156 ; ---------------
157 ;  END TOOLPATH : ЧорнТорець1
158 ; ---------------
159 M09
160 M05
161 L M140 MBMAX FMAX
162 CYCL DEF 32.0 TOLERANCE
163 CYCL DEF 32.1
164 CYCL DEF 32.2
165 M30
166 END PGM 10 MM
```

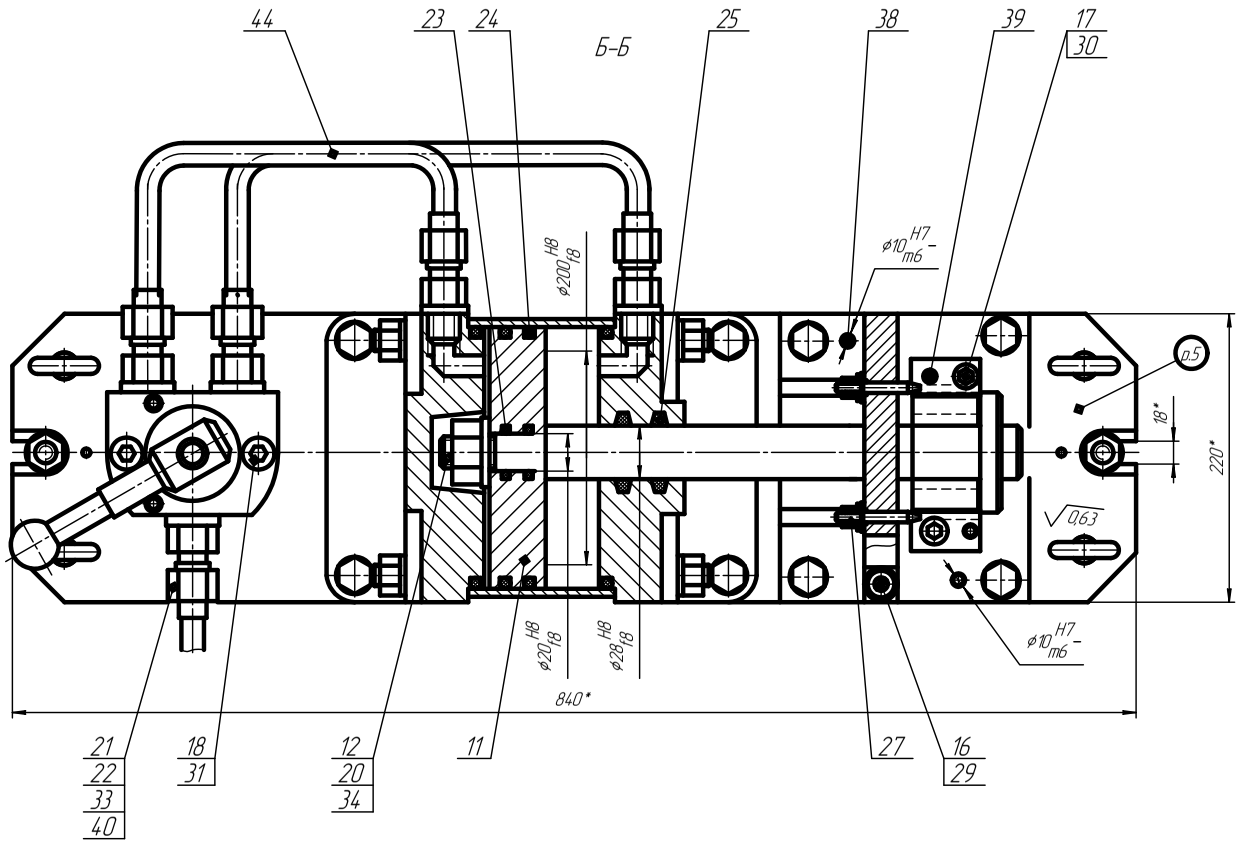
```
100 ; ------------------------------------
101 ; NO.| ID     | DIA.| TIP RAD| LENGTH
102 ; ------------------------------------
103 ;   1|Свердло45|45.0 |  0.0   | 150.0
104 ; ------------------------------------
0.00 BEGIN PGM 21 MM
105 ;  PROGRAM NAME  : 21
106 ;  PART NAME     : 2
107 ;  PROGRAM DATE  : 2025-12-05 - 11:05:32
108 ;  PROGRAMMED BY : ADMIN
109 ;  POWERMILL CB  : 2024019.0
110 ;  POST VER      : 2024.0.0.5142
111 ;  OPTION FILE   : HEIDENHAINMOD
112 ;  OUTPUT WORKPLANE : 1
120 ;  NUMBER OF TOOLPATHS: 1.0
121 ;  ESTIMATED PROGRAM DURATION: 0 H 0 M 5 S
123 BLK FORM 0.1 Z X-85.0 Y-85.0 Z-81.2
124 BLK FORM 0.2 X85.0 Y85.0 Z1.0
126 CYCL DEF 247 DATUM SETTING~
   Q339=+1; DATUM NUMBER
127 L M140 MBMAX FMAX
129 ;  START TOOLPATH : Свердління45
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.    :1
138 ;  TOOL TYPE   : DRILL
139 ;  TOOL ID     : Свердло45
140 ;  TOOL DIA    : 45.0 LENGTH 150.0
141 ;
142 TOOL CALL 1 Z S1500 DL+0.0 DR+0.0
143 M03
144 L X0.0 Y0.0 FMAX
145 L Z88.0 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 CYCL DEF 200 DRILLING~
   Q200= 5.0; SET-UP CLEARANCE~
   Q201= -19.1; DEPTH~
   Q206= 1000; FEED RATE FOR PLUNGING~
   Q202= 109.6; PLUNGING DEPTH~
   Q210= 0.0; DWELL TIME AT TOP~
   Q203= -2.5; SURFACE COORDINATE~
   Q204= 90.5; 2ND SET-UP CLEARANCE~
   Q211= 0.0; DWELL TIME AT DEPTH
151 L X0.0 Y0.0 R0 FMAX M99
153 ;  END TOOLPATH : Свердління45
155 M09
156 M05
157 L M140 MBMAX FMAX
158 CYCL DEF 32.0 TOLERANCE
159 CYCL DEF 32.1
160 CYCL DEF 32.2
161 M30
162 END PGM 21 MM
```

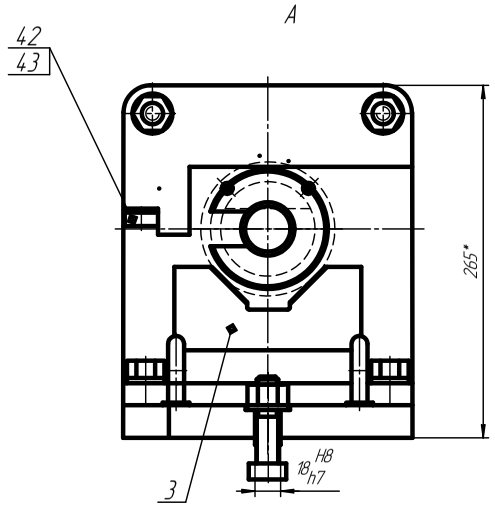
МР.ПМК-007.03.00.000 СХ						
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Керуюча програма для обробки на верстаті з ЧПУ	Літ. / Маса / Масштаб: 1:1
Розроб.	Ділишин С.В.					Лист / Листів 1
Перев.	Пітулей Л.Д.					ІФНТУНГ ПМКм-24-1
Т.контр.	Пітулей Л.Д.					
Реценз.						
Н.контр.	Пітулей Л.Д.					
Затв.	Панчук В.Г.					

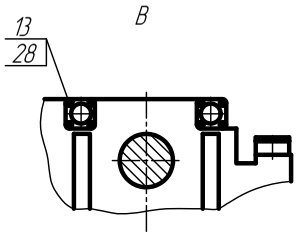
Копіював Формат А1

Інв. № підп. | Підп. і дата | Взам. інв. № | Інв. № дубл. | Підп. і дата | Справ. № | Перв. примен.









Технічна характеристика

1. Пристрій призначений для установки і закріплення корпуса при фрезеруванні площини у канавці на верстаті мод.JET JTM-1050TS
2. Тип приводу – пневматичний.
3. Зусилля затиску пристрою – 17091 Н.
4. Тиск в пневмосистемі – 0,63 МПа.
5. Довжина робочого ходу поршня – 40 мм.

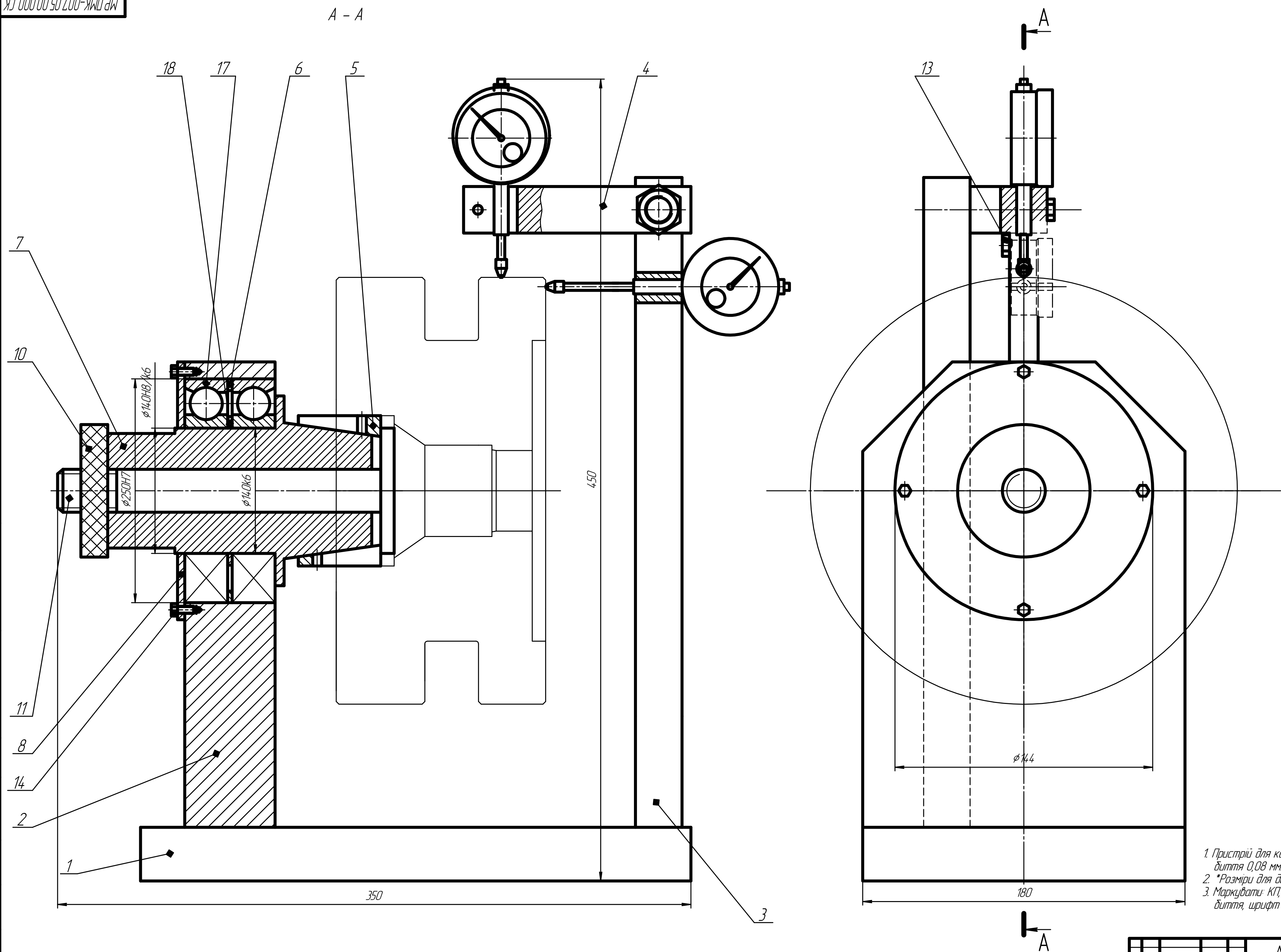
1. *Розміри для довідок.
2. Поверхні тертя при складанні змастити.
3. Пристрій повинен працювати плавно, без ривків і заїдань.
4. Випробувати при тиску P=1,5Pроб.
5. Маркувати.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	МР.ПМК-007.04.00.000 СК			
Разраб.		Шлишин С.В.			Пристрій фрезерний	Лит.	Масса	Масштаб
Пров.		Пітулей Л.Д.				Н		1:2
Т.контр.		Пітулей Л.Д.				Лист	Листов 1	
Рецензия						ІІФНТУНГ ПМКм-24-1		
Н.контр.		Пітулей Л.Д.						
Утв.		Панчук В.Г.						

Копировал Формат А1

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

МР.ПМК-007.05.00.000 СК



1. Пристрій для контролю торцьового і радіального биття 0,08 мм.
2. *Розміри для довідок.
3. Маркувати: КП, контроль торцьового і радіального биття, шрифт 5-Пр3 ДСТУ 26.008:2005.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Шлишин С.В.			
Пров.	Пітулей Л.Д.			
Т.контр.	Пітулей Л.Д.			
Реценз.				
Н.контр.	Пітулей Л.Д.			
Утв.	Панчук В.Г.			

МР.ПМК-007.05.00.000 СК

Контрольний пристрій

Складальне креслення

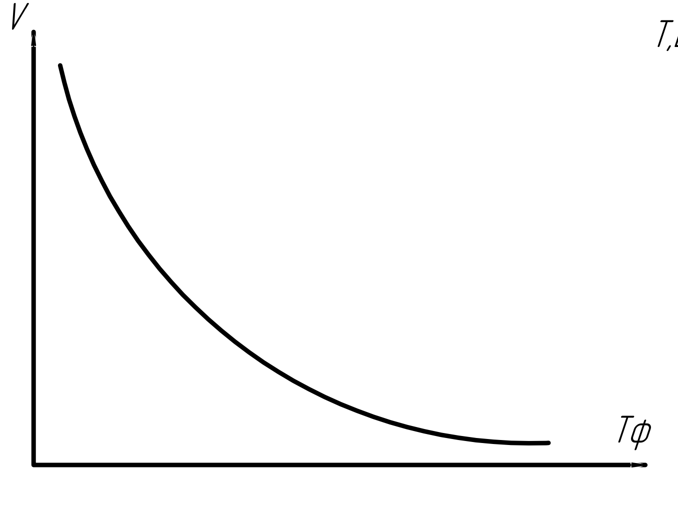
Лит.	Масса	Масштаб
		1:1

Лист | Листов 1

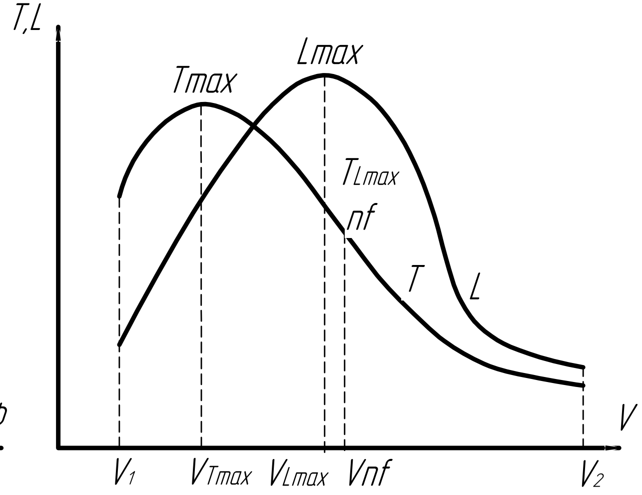
ІФНТУНГ ПМКм-24-1

Копировал | Формат А1

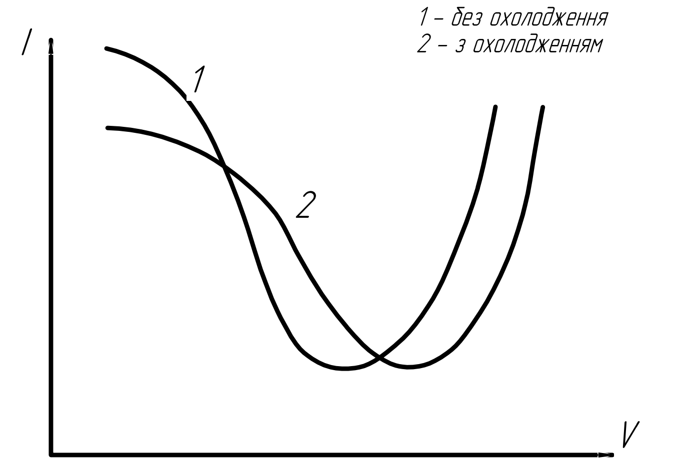
Перв. примен. | Справ. № | Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.



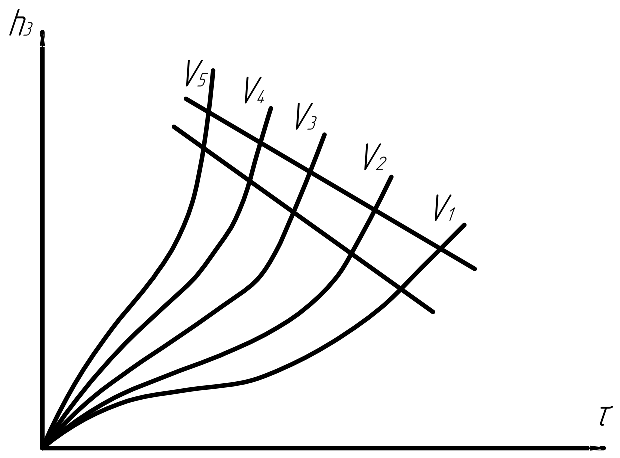
Залежність швидкості різання V від стійкості Тф



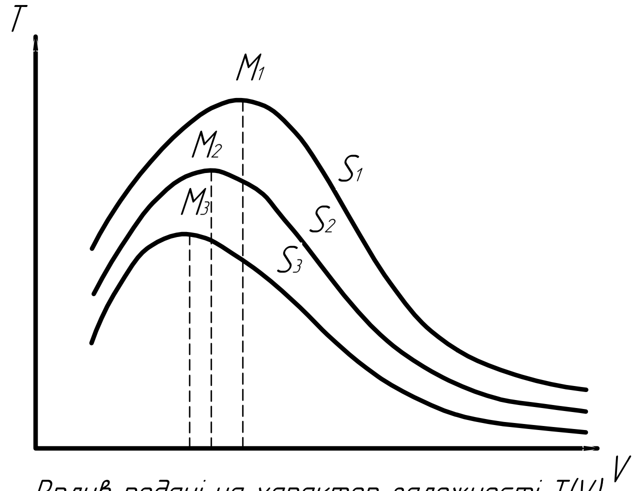
Вплив швидкості різання V на стійкість T і ресурс L осьового різального інструменту



Залежність інтенсивності зносу інструменту від швидкості різання



Криві знощуваня зубів фрез при різних швидкостях різання



Вплив подачі на характер залежності T(V) для осьових різальних інструментів $S_1 > S_2 > S_3$

Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата	МР.ПМК-007.06.00.000 СХ
Разроб.	Ділишин С.В.			Науково-дослідна частина
Пров.	Пітулей Л.Д.			Літ. Н; Масса; Масштаб 1:1
Т.контр.	Пітулей Л.Д.			Лист; Листов 1
Реценз.				ІФНТУНГ ПМКм-24-1
Н.контр.	Пітулей Л.Д.			
Утв.	Панчук В.Г.			

Копировал Формат А1