

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТУ
КАФЕДРА ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ

КВАЛІФІКАЦІЙНА БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Розробка та інженерне обґрунтування конструкцій і технологій виготовлення корпусних деталей двохопорних роторних машин з консольним розташуванням робочого органу на прикладі гірничо-металургійного обладнання з використанням методів прикладної механіки та CAD/CAM-систем

Виконав: здобувач групи ПМ-22
Волошин М.М.

Керівник випускної роботи:
д.т.н., проф. Кіяновський М.В.

м.Кривий Ріг
2026 р

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Розробка та інженерне обґрунтування конструкцій і технологій виготовлення корпусних деталей двохопорних роторних машин з консольним розташуванням робочого органу на прикладі гірничо-металургійного обладнання з використанням методів прикладної механіки та CAD/CAM-систем

Виконав здобувач .гр. ПМ-22

Микита ВОЛОШИН

Керівник роботи

Микола КІЯНОВСЬКИЙ

Нормоконтроль

Василь НЕЧАЄВ

Завідувач кафедри

Антон РЯЗАНЦЕВ

м.Кривий Ріг
2026 р

Криворізький національний університет
Факультет механічної інженерії та транспорту
Кафедра: технології машинобудування
Освітній рівень: бакалавр
Спеціальність: 131 Прикладна механіка

Затверджую
Зав. кафедри доцент, к.т.н., Рязанцев А.О.

(дата)

(підпис)

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну бакалаврську роботу

Студент гр. ПМ-22 Микиті Михайловичу Волошину

Тема: Розробка та інженерне обґрунтування конструкцій і технологій виготовлення корпусних деталей двохопорних роторних машин з консольним розташуванням робочого органу на прикладі гірничо-металургійного обладнання з використанням методів прикладної механіки та CAD/CAM-систем

1. Керівник проекту д.т.н., проф. Кіяновський М.В.

Тема затверджена наказом по КНУ № 130с від “ 04 ” 03 2026 р.

2. Термін подання студентом закінченого проекту 12 червня 2026 р.

3. Вихідні дані до проекту: 1. Креслення складального вузла.

2. Креслення деталі. 3. Типовий технологічний процес. 4. Річна програма випуску деталі.

4. Зміст пояснювальної записки:

1. ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

2. РОЗРОБКА ВЕРСТАТНО-ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО

НАЛАГОДЖЕННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ В СЕРЕДОВИЩІ

FEATURECAM

3. КОНСТРУКТОРСЬКА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

4. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА

5. Перелік графічного матеріалу: 1. Креслення деталі. 2. Креслення заготовки 3. Креслення верстатно – інструментальних налагоджень.

4. Креслення верстатного оснащення 5. Креслення контрольного оснащення

6. Календарний план:

Етап роботи	Термін виконання
1 ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ 1.1 Призначення та умови роботи машини 1.2 Призначення та умови роботи вузла 2 ПРОЄКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ДЕТАЛЕЙ ВУЗЛА 2.1 Технологічна підготовка до проєктування корпусу 2.1.1 Конструктивно-технологічна характеристика матеріалу корпусу та обґрунтування його вибору 2.1.2 Класифікація та функціональний аналіз поверхонь деталі 2.1.8 Вибір і обґрунтування послідовності обробки поверхонь 2.1.9 Розробка маршруту обробки деталі 2.1.10 Розробка технологічної операції 2.2 Технологічна підготовка до проєктування цапфи 2.2.1 Службове призначення цапфи та вибір матеріалу 2.2.2 Аналіз якості поверхонь деталей 2.2.3 Технічний контроль робочого креслення 2.2.4 Аналіз технологічності деталі 2.2.7 Проектування заготовок 2.2.8 Вибір і обґрунтування баз 2.2.9 Вибір і обґрунтування послідовності обробки поверхонь 2.2.10 Розробка маршруту обробки деталі 2.2.11 Розробка технологічної операції 2.2.12 Розрахунок міжопераційних розмірів і припусків на обробку	До 28.01 2026р.
2. МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ В СЕРЕДОВИЩІ FEATURECAM	02.02 2026р.- 20.05.2026р.
3 КОНСТРУКТОРСЬКА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА	з 31.03.2026р.
5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА 5.1 Охорона праці та екологія 5.2 Техніко-економічне обґрунтування процесу обробки	до 03.04 2026р.
Попередній захист	10 .06 2026р.

Дата видачі завдання: “08” 01 2026р.

Студент _____ / Волошин М.М./
Керівник роботи _____ /Кіяновський М.В./

РЕФЕРАТ

Тема кваліфікаційної роботи бакалавра: Розробка та інженерне обґрунтування конструкцій і технологій виготовлення корпусних деталей двохопорних роторних машин із консольним розташуванням робочого органу на прикладі гірничо-металургійного обладнання з використанням методів прикладної механіки та CAD/CAM-систем.

Об'єкт проектування: технологічний процес виготовлення деталей «цапфа» та «корпус», а також структура і планування механоскладального цеху.

Мета роботи: проектування дільниць механоскладального цеху, спеціалізованого на виготовленні деталей цапфи та корпусу опори двоопорних роторних машин для гірничо-металургійного комплексу.

У роботі відповідно до заданого типу виробництва сформовано оптимальний маршрутний та операційний технологічний процес механічної обробки, визначено послідовність технологічного маршруту. Обґрунтовано та розраховано раціональні методи отримання заготовок, підтверджені відповідним техніко-економічним аналізом.

Для інтенсифікації виробництва та обробки поверхонь деталей підібрано прогресивне верстатне обладнання та сучасний ріжучий інструмент. Розрахунок припусків і режимів різання виконано комбінованим способом: аналітичним методом — для однієї (відповідальної) поверхні, табличним — для решти поверхонь деталі.

На основі порівняльного техніко-економічного аналізу доведено високу ефективність і доцільність впровадження розробленого варіанта технологічного процесу в порівнянні з базовим. У межах проекту розроблено інструментально-верстатне налагодження на одну з ключових операцій обробки, а також сконструйовано й розраховано спеціальні верстатні та контрольні пристрої.

Спроектовано загальне планування механоскладального цеху для випуску двох основних деталей та інших компонентів вузла верхньої опори. Окремо розроблено комплекс організаційно-технічних заходів із техніки безпеки та охорони праці в умовах механічного цеху.

**ДВООПОРНА РОТОРНА МАШИНА, ЦАПФА, КОРПУС, ТЕХНОЛОГІЧНЕ
ОСНАЩЕННЯ, КОНТРОЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ, МЕХАНОСКЛАДАЛЬНИЙ
ЦЕХ.**

ABSTRACT

Topic of the bachelor's qualification work: Development and engineering rationale for the design and manufacturing of housing parts for dual-support rotary machines with overhung working elements of mining and metallurgical equipment using applied mechanics and CAD/CAM systems.

Object of design: technological process of manufacturing parts of the "trunnion" and "housing", as well as the structure and planning of the mechanical assembly shop.

Purpose of work: design of sections of the mechanical assembly shop, specialized in manufacturing parts of the trunnion and support housing of two-support rotary machines for the mining and metallurgical complex.

In the work, in accordance with the given type of production, the optimal route and operational technological process of mechanical processing is formed, the sequence of the technological route is determined. Rational methods of obtaining blanks are substantiated and calculated, confirmed by the corresponding technical and economic analysis.

To intensify production and surface treatment of parts, progressive machine tools and modern cutting tools were selected. The calculation of allowances and cutting modes was performed using a combined method: analytical method for one (responsible) surface, tabular method for the remaining surfaces of the part.

Based on a comparative technical and economic analysis, the high efficiency and feasibility of implementing the developed version of the technological process compared to the basic one were proven. Within the framework of the project, a tool and machine tool setup for one of the key processing operations was developed, and special machine tools and control devices were designed and calculated.

The general layout of the mechanical assembly shop was designed for the production of two main parts and other components of the upper support assembly. A set of organizational and technical measures for occupational safety and health in the conditions of the mechanical shop was developed separately.

DOUBLE-BEARING ROTARY MACHINE, PIN, HOUSING, TECHNOLOGICAL EQUIPMENT, CONTROL DEVICE, MECHANICAL ASSEMBLY SHOP

Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
					Документация			
Справ. №	A4		1	КНУКБР.131.26.1-02ПЗ	Пояснювальна записка			
	A4		2	КНУКБР.131.26.1-02ПЗ	Альбом тех.карт на ТП.СК.			
	A4		3	КНУКБР.131.26.1-02ПЗ	Альбом тех.карт на ТП виготовлення деталі			
					Креслення			
						1		
	A1		4	КНУКБР.131.26.1-02Ц	Цапфа	1		
	A2		5	КНУКБР.131.26.1-02ЦП	Цапфа (поковка)	1		
	A2		6	КНУКБР.131.26.1-02К	Корпус	1		
	A1		7	КНУКБР.131.26.1-02ВІН	Верстатно-інструментальне налагодження	1		
	A1		8	КНУКБР.131.26.1-02ТО	Технологічне оснащення	1		
Підп. и дата	A1		9	КНУКБР.131.26.1-02КП	Контрольне пристосування	1		
	A1		10	КНУКБР.131.26.1-02ЕО	Ескізи операцій	2		
	A1		11	КНУКБР.131.26.1-02ПМЦ	Проектування механоскладального цеху	1		
						1		
Инд. № аудл.						1		
Взам. инв. №								
Підп. и дата								
Инд. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	КНУ.КБР.131.26.1-02.ВОКБР		
	Разраб.	Волошин				Відомість об'єму кваліфікаційної бакалаврської роботи		
	Проб.	Кіяндовський						
	Н.контр.	Нечасов				Лит.	Лист	Листов
	Утв.	Рязанцев						1
						Каф.ТМ гр.ПМ-22		

Копировал

Формат А4

ЗМІСТ

Вступ.....	
1 ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ	
1.1 Призначення та умови роботи машини.....	
1.2 Призначення та умови роботи вузла.....	
2 ПРОЄКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ДЕТАЛЕЙ ВУЗЛА	
2.1 Технологічна підготовка до проєктування корпусу	
2.1.1 Конструктивно-технологічна характеристика матеріалу корпусу та обґрунтування його вибору.....	
2.1.2 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів заміन.....	
2.1.3 Класифікація та функціональний аналіз поверхонь деталі.....	
2.1.4 Технічний контроль робочого креслення деталі.....	
2.1.5 Комплексний аналіз технологічності конструкції корпусу	
2.1.6 Вибір типового технологічного процесу за основу..	
2.1.7 Проектування заготовки...	
2.1.8 Вибір і обґрунтування баз.....	
2.1.9 Вибір і обґрунтування послідовності обробки поверхонь.....	
2.1.10 Розробка маршруту обробки деталі.....	
2.1.11 Розробка технологічної операції.....	
2.2 Технологічна підготовка до проєктування цапфи	
2.2.1 Службове призначення цапфи та вибір матеріалу	
2.2.2 Аналіз якості поверхонь деталей	
2.2.3 Технічний контроль робочого креслення	
2.2.4 Аналіз технологічності деталі	
2.2.5 Вибір типу виробництва	
2.2.6 Вибір типового технологічного процесу	
2.2.7 Проектування заготовок	
2.2.8 Вибір і обґрунтування баз	
2.2.9 Вибір і обґрунтування послідовності обробки поверхонь	
2.2.10 Розробка маршруту обробки деталі	
2.2.11 Розробка технологічної операції	
2.2.12 Розрахунок міжопераційних розмірів і припусків на обробку	
3 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ	
4 ПРОЄКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ТА КОНТРОЛЬНОГО ПРИСТОСУВАНЬ	
5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА	
ВИСНОВКИ	
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	

					КНУ.КБР.131.26.1-02.3			
					ЗМІСТ			
Змін	Аркв	№	Підпис	Дат				
Розроб.	Волошин							
Перевір.	Кірюхінський							
Н. контр.	Нечаєв				Кафедра ТМ зв ПМ-22			
Затверд.	Рязанцев							

ВСТУП

Сучасний етап розвитку промислового комплексу України та її інтеграція у світовий економічний простір вимагають докорінної модернізації та інтенсифікації вітчизняного машинобудування. Головним вектором цього процесу є створення високопродуктивних машин, агрегатів та систем із принципово новими техніко-економічними параметрами, підвищеною експлуатаційною надійністю та зниженою матеріаломісткістю. Особливе місце у структурі важкого машинобудування посідає гірничо-металургійне обладнання, що працює в умовах екстремальних знакозмінних навантажень, високих температур та агресивних середовищ. Важливою складовою таких комплексів є двохопорні роторні машини з консольним розташуванням робочого органу, до яких належать потужні відцентрові насоси, димососи, вентилятори та подрібнювачі. Ефективність, безвідмовність та вібростійкість зазначених машин безпосередньо залежать від жорсткості та точності їхніх базових елементів — корпусних деталей, які сприймають і перерозподіляють усі динамічні зусилля від ротора.

Стан сучасного проєктування та підготовки виробництва корпусних деталей вимагає повного відходу від застарілих емпіричних методів на користь наскрізних цифрових технологій. Сьогодні розробка науково обґрунтованих конструкцій та оптимальних технологій їх виготовлення неможлива без інтеграції передових CAD/CAM-систем (комп'ютерного проєктування та комп'ютерної підтримки виготовлення). Використання єдиного інформаційного простору дозволяє створювати точні параметричні тривимірні моделі корпусів, проводити віртуальну симуляцію процесів механічної обробки на верстатах із ЧПК та повністю виключати виникнення шлюбу чи колізій на реальному виробництві. Водночас технологічні рішення повинні спиратися на глибокий інженерний аналіз, що забезпечується методами прикладної механіки. Поєднання розрахункових методів механіки суцільних середовищ із сучасними інформаційними технологіями дозволяє ще на стадії проєктування оптимізувати геометрію корпусу, мінімізувати концентратори напружень та гарантувати високу точність базування ротора.

Актуальність теми даної кваліфікаційної роботи зумовлена необхідністю розробки та комплексного інженерного обґрунтування прогресивних конструктивно-технологічних рішень для корпусних деталей двохопорних роторних машин. Впровадження результатів дослідження дозволить скоротити цикл конструкторсько-технологічної підготовки, підвищити коефіцієнт використання матеріалу під час одержання заготовок та забезпечити необхідну якість і довговічність відповідальних вузлів гірничо-металургійного устаткування.

					КНУ.КБР.131.26.1-02.В				
					ВСТУП				
Змін	Аркв	№	Підпис	Дат					
Розроб.	Волошин				Літ.		Арк.	Арквівів	
Перевір	Кірюхінський								
					Кафедра ТМ зв ПМ-22				
Н. контр.	Нечаєв								
Затверд.	Рязанцев								

1 ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ

1.1 Призначення та умови роботи машини

Відповідальні деталі «Корпус» і «Цапфа» входять до складу верхньої опори двохопорної роторної машини із консольним розташуванням робочого органу. Типовим прикладом такого гірничо-металургійного обладнання є спіральний класифікатор, призначений для гідравлічного розділення за крупністю і густиною подрібнених руд та інших аналогічних мінеральних матеріалів у водному середовищі. Технологічний процес класифікації забезпечує виділення у злив готового продукту з крупністю частинок від 0,15 до 0,8 мм. Крім основного призначення, це устаткування широко застосовується на збагачувальних фабриках для проведення операцій зневоднення матеріалів та дешламації пульпи.

Експлуатація зазначеного механізму відбувається у важких промислових умовах, які характеризуються постійним контактом із високоабразивним та вологим середовищем, а також супроводжуються тривалими значними вібраційними й динамічними навантаженнями. Це висуває підвищені вимоги до корозійної стійкості, міцності та жорсткості конструктивних елементів корпусу і цапфи для забезпечення безвідмовної роботи всього роторного вузла.

1.2 Призначення та умови роботи вузла

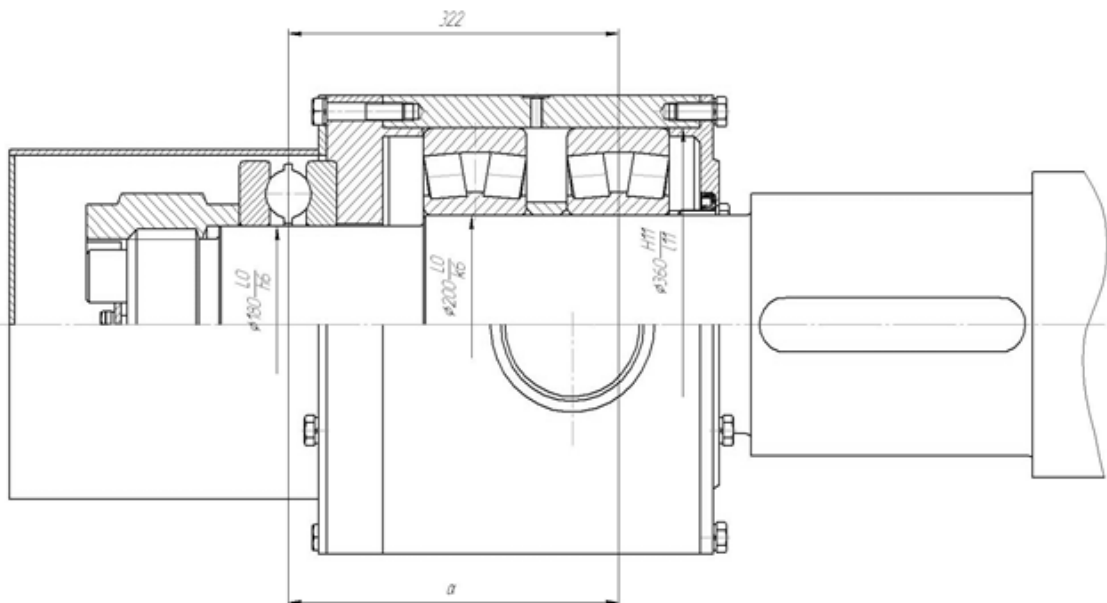


Рисунок 1.1- Вузол опора верхня

					КНУ.КБР.131.26.1-02.01.ТЕА		
Змін	Аркв	№	Підпис	Дат			
Розроб.	Волошин				ТЕХНІКО- ЕКОНОМІЧНИЙ		
Перевір.	Кіяновський						
Н. контр.	Нечаєв						
Затверд.	Рязанцев						
					Лім.	Арк.	Арквнів
					Кафедра ТМ з ПМ-22		

Вузол опора верхня є шарнірним з'єднанням, яке дозволяє підіймати й опускати спіраль класифікатора, а також для її обертання. Спіраль класифікатора слугує для переміщення осідаючих пісків по нахиленому дну корита вгору до розвантажувального вікна.

Розробляємо технологічний процес складання вузла Корпусу і Цапфи та представляємо послідовність складання на рисунку 1.2.

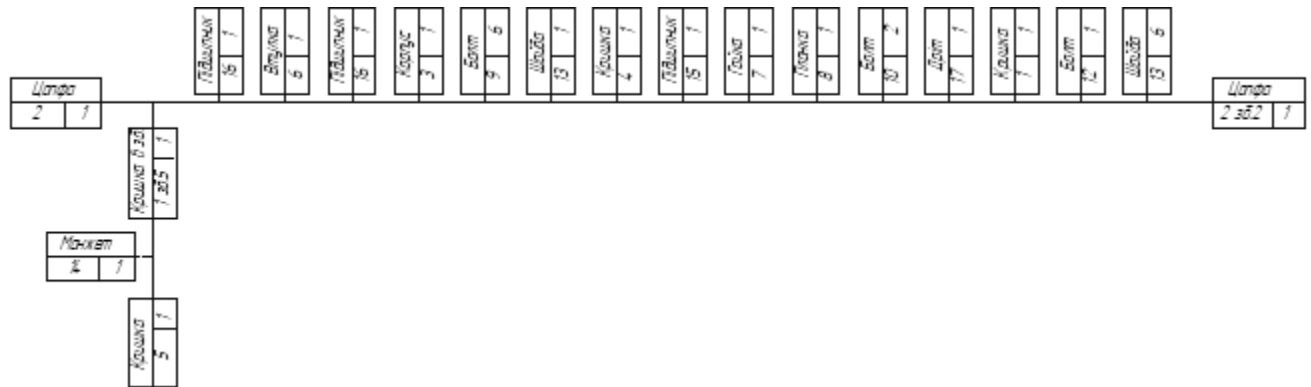


Рисунок 1.2- Схема складання вузла

2 ПРОЄКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ДЕТАЛЕЙ ВУЗЛА

2.1 Технологічна підготовка до проєктування корпусу

2.1.1 Конструктивно-технологічна характеристика матеріалу корпусу та обґрунтування його вибору

Деталь «Корпус» є базовим елементом опори верхньої спіралі класифікатора типу 2КС-30 і призначена для забезпечення точної орієнтації та координації взаємного розташування суміжних деталей у складальній одиниці. Під час експлуатації обладнання корпус зазнає тривалого впливу знакозмінних динамічних і вібраційних навантажень. У зв'язку з цим конструкційний матеріал повинен мати високі показники статичної та втомної міцності, а також достатній запас в'язкості для запобігання крихкому руйнуванню.

Зазначеним експлуатаційним вимогам повною мірою відповідає вуглецева ливарна сталь 35Л (згідно з ДСТУ 8781:2018). Як можливі технологічні замітники в проєкті визначено конструкційні сталі марки 30Л та 40Л за цим же стандартом. Вони мають ідентичний комплекс легуючих елементів та близькі фізико-механічні параметри. Заміна на сталь 40Л є доцільною у разі потреби підвищення загальної жорсткості та твердості конструкції, тоді як сталь 30Л забезпечує кращу пластичність.

Порівняльні дані хімічного складу та механічних властивостей основного матеріалу та його заміників наведено в таблицях 2.1 та 2.2.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сталі 35Л (ДСТУ 8781:2018) та її заміників

Марка сталі	C, %	Si, %	Mn, %	S, %, не більше	P, %, не більше	Ni, %, не більше	Cr, %, не більше
30Л	0,27–0,35	0,20–0,52	0,45–0,90	0,045	0,040	0,30	0,30
35Л	0,32–0,40	0,20–0,52	0,45–0,90	0,045	0,040	0,30	0,30
40Л	0,37–0,45	0,20–0,52	0,40–0,90	0,045	0,040	0,30	0,30

					КНУ.КБР.131.26.1-02.02.ПТП		
Змін	Аркв	№	Підпис	Дат	ПРОЄКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО		
Розроб.	Волошин						
Перевір.	Кіяновський						
Н. контр.	Нечаєв						
Затверд.	Рязанцев				Кафедра ТМ зв ПМ-22		

Таблиця 2.2 – Механічні властивості сталі 35Л (ДСТУ 8781:2018) та її заміників

Марка сталі	Границя текучості Re, МПа	Тимчасовий опір Rm, МПа	Відносне подовження A5, %	Відносне звуження Z, %	Ударна в'язкість КСУ, Дж/см ²	Твердість НВ
30Л	260	480	17	30	35	125–215
35Л	280	500	15	25	35	137–229
40Л	300	530	14	25	29	146–235

Для формування стабільної структури металу та усунення внутрішніх напружень, що виникають у процесі виливки заготовки під час кристалізації, корпус піддають обов'язковій термічній обробці. Технологічний цикл ТО складається з нормалізації та наступного високого відпуску.

Нормалізація виконується для подрібнення зерна аустеніту, гомогенізації структури сплаву та стабілізації механічних властивостей литої заготовки. Проведення подальшого високого відпуску є необхідним для релаксації залишкових теплових та фазових напружень, підвищення в'язкості матеріалу та забезпечення заданої технічними вимогами твердості поверхневого шару в межах НВ 170–229, що гарантує оптимальну оброблюваність заготовки різанням на операціях механічної обробки.

2.1.2 Класифікація та функціональний аналіз поверхонь деталі

Для детального аналізу конструктивних елементів корпусу та систематизації технічних вимог виконано нумерацію всіх його поверхонь на робочому кресленні (наведено у додатку Б). Залежно від службового призначення та виконуваних функцій у складі вузла, поверхні деталі класифіковано за такими групами:

- Основні бази (базові поверхні): Визначають просторове положення самого корпусу у складальній одиниці. До цієї групи належать внутрішня циліндрична поверхня 12 (Ø360мм) із параметром шорсткості Ra1,6 мкм, а також торцеві поверхні 9 та 10. До них висуваються найвищі вимоги щодо геометричної точності та якості поверхневого шару.

- Допоміжні бази: Призначені для базування, орієнтації та координації деталей, що безпосередньо приєднуються до корпусу. До допоміжних баз належать циліндричні поверхні 3 і 6 (Ø 140 мм) із шорсткістю Ra 3,2 мкм, кріпильні нарізні отвори 13 та 15 (M16-7H) із параметром шорсткості Ra6,3 мкм, а також технологічний нарізний отвір 14 (M12-7H) із шорсткістю Ra6,3 мкм.

- Вільні (несполучувані) поверхні: Охоплюють усі інші елементи контуру деталі (зовнішні необроблювані та конструктивні поверхні, фаски, зкруглення), які не вступають у безпосередній контакт із суміжними вузлами та елементами роторної машини.

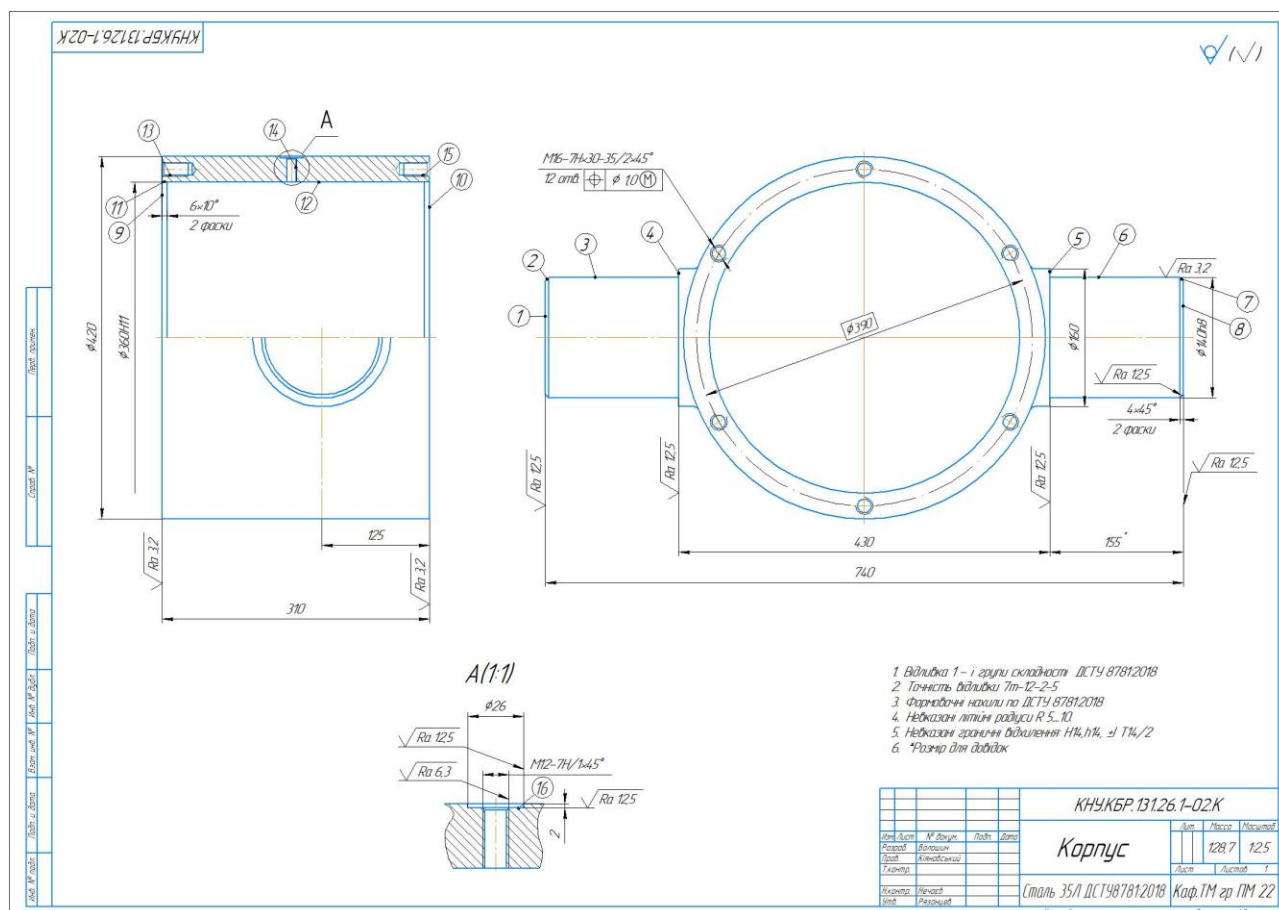
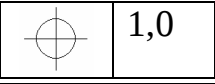


Рисунок 2.1- Корпус

Повний комплекс геометричних та технологічних характеристик для кожної з визначених поверхонь корпусу систематизовано і наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Характеристика поверхонь

№ пов-ні	Номінальний розмір, мм	Квалітет, IT	Допуск Т чи відхилення розміру	Шорсткість, Ra, мкм	Відхилення форми чи розташування поверхонь
1,8	740	14	0 -2,0	12,5	-
2,7	4×45° 2 фаски	14	0 -0,3	12,5	-
3,6	Ø140	8	0 -0,063	3,2	-
4,5	430	14	0 -1,55	12,5	-

9,10	310	14	0	3,2	-
			-1,3		
11	6×10° 2 фаски	14	0	12,5	-
			-0,3		
12	Ø360	11	+0,36	1,6	-
			0		
13,15	M16-7H 12 отв.	7H	+0,018	6,3	
			0		
14	M12-7H	7H	+0,018	6,3	-
			0		
15	Ø26	14	+0,52	12,5	-
			0		

Аналіз наведених на кресленні вимог до шорсткості, квалітетів точності, а також допусків форми та взаємного розташування поверхонь свідчить про їхню технічну обґрунтованість. Задані параметри дозволяють ефективно виконувати більшість етапів механічної обробки деталі на стандартному верстатному обладнанні нормального класу точності, із залученням прецизійних (точних) верстатів лише на завершальних, фінішних операціях.

2.1.3 Технічний контроль робочого креслення деталі

Конструкторська документація на цапфу пройшла повний технічний та нормоконтроль, результати якого підтверджують її відповідність діючим стандартам:

- Графічна частина та наочність: Геометрична форма деталі однозначно визначається наведеними на кресленні головним виглядом, виглядом зліва, а також додатковим виносним елементом. Зазначений комплекс зображень є повністю достатнім для безпомилкового сприйняття просторової конфігурації, внутрішньої будови та всіх конструктивних особливостей цапфи.

- Розмірний аналіз та параметри точності: Робоче креслення містить повний набір лінійних і діаметральних розмірів, необхідних для організації виробничого процесу. Для функціонально важливих (основних) поверхонь безпосередньо вказано індивідуальні граничні відхилення. Вільні розміри, що не мають індивідуальних позначень допусків, підлягають виконанню за загальними технічними вимогами по 14-му квалітету точності.

- Аналіз вимог до шорсткості: Показники шорсткості для поверхонь, що підлягають механічній обробці, винесені на виносні або контурні лінії. Поверхні, які залишаються у стані поставки (не обробляються), регламентуються відповідним умовним знаком у правому верхньому кутку креслення.

- Технічні вимоги: Текстова частина над основним написом містить вичерпну технологічну інформацію. Зокрема, там регламентовано групу

складності литої заготовки, клас її точності, величину формувальних ухилів, радіуси ливарних зкруглень, а також загальні вказівки щодо незазначених граничних відхилень за 14-м квалітетом.

Основний напис (штамп): У правому нижньому кутку креслення наведено всі базові ідентифікаційні відомості про виріб: найменування деталі («Цапфа»), марку конструкційного матеріалу (сталі 35Л згідно з ДСТУ 8781:2018), фактичну масу виробу (128,7 кг) та масштаб графічного зображення (1:2,5).

Висновок: Подане робоче креслення повністю відповідає нормативним вимогам стандартів ЄСКД, є технічно закономірним і містить повний обсяг геометричних, метрологічних та технологічних даних, необхідних для проектування оптимального маршруту виготовлення деталі.

2.1.4 Комплексний аналіз технологічності конструкції корпусу

2.1.4.1 Якісний аналіз технологічності конструкції

Відповідно до технологічного класифікатора деталей машинобудування аналізований корпус належить до 73-го класу, який охоплює корпусні та опорні органи, що є тілами обертання. Заготовку для цієї деталі раціонально виготовляти методами лиття, зокрема у кокіль або в піщано-глинисті форми, що дозволяє отримати оптимальний розподіл припусків. Конструкція корпусу характеризується наявністю достатньо розвинених внутрішніх і зовнішніх циліндричних поверхонь, які доцільно використовувати як надійні технологічні бази для базування та закріплення заготовки на верстатах під час подальшої механічної обробки. Завдяки відкритості контуру забезпечується абсолютно вільний доступ різального інструменту до всіх поверхонь, що підлягають формоутворенню.

Деталь має просту та технологічну конфігурацію, що повністю виключає виникнення важкодоступних або «мертвих» зон, полегшуючи підведення й відведення робочих органів верстатів під час різання, а також спрощуючи пряме позиціонування стандартних вимірювальних приладів на етапі технічного й метрологічного контролю якості. Стабільне досягнення регламентованої кресленням точності розмірів є цілком реалізаційним на універсальних металорізальних верстатах із застосуванням стандартного різального й допоміжного інструментарію загального призначення.

Важливим критерієм оцінки кінематичної стабільності під час обробки є показник відносної жорсткості деталі, який визначається співвідношенням її габаритної довжини до максимального діаметра і становить $l/d = 740 / 420 = 1,76$. Отримане значення свідчить про те, що корпус належить до групи абсолютно жорстких деталей. Це дозволяє здійснювати високопродуктивну обробку на інтенсифікованих, підвищених режимах різання, а також впроваджувати прогресивні схеми багатоінструментального одночасного зняття припуску без ризику виникнення пружних деформацій чи автоколивань системи.

Необхідні параметри точності та шорсткості поверхонь гарантовано досягаються на металорізальному обладнанні нормального класу точності й не потребують залучення унікального прецизійного чи спеціалізованого устаткування. На основі проведеного якісного та кількісного аналізу можна зробити узагальнений висновок, що деталь є повністю технологічною за своєю геометричною формою, габаритними розмірами та технічними вимогами, а її конструкція повністю адаптована до умов серійного машинобудівного виробництва.

2.1.4.2 Кількісний аналіз технологічності

1. Коефіцієнт використання матеріалу визначаємо по формулі [21]:

$$K = \frac{M_z}{M_d} \quad (2.1)$$

$$K = \frac{132}{128,7} = 1,02$$

4. Розраховуємо середню точність, яка знаходиться по формулі:

$$IT_{сер} = \frac{\sum T \cdot n}{N}, \quad (2.2)$$

де: $\sum TI$ - сума квалітетів точності деталі;

$$IT_{сер} = \frac{14 \cdot 10 + 11 \cdot 1 + 8 \cdot 2 + 7 \cdot 2}{15} = 12,1.$$

Це свідчить, що деталь має невисоку точність.

5. Розраховуємо середню шорсткість:

$$Ra_{сер} = \frac{\sum Ra \cdot n}{N}, \quad (2.3)$$

$$Ra_{сер} = \frac{8 \cdot 12,5 + 6,3 \cdot 2 + 3,2 \cdot 4 + 1,6 \cdot 1}{15} = 8,4.$$

З визначеної середньої шорсткості видно, що деталь має середні вимоги до шорсткості.

6. Розраховуємо коефіцієнт уніфікації деталі [21]:

$$K_y = \frac{Q_{y.n.}}{Q_z}, \quad (2.4)$$

$$K_y = \frac{14}{15} = 0,93$$

Вирахований коефіцієнт уніфікації $K_y = 0,93$

Таким чином, загалом деталь технологічна.

2.1.5 Вибір типового технологічного процесу за основу

Виробництво деталі середньосерійне і обробка буде виконуватися на

					КНУ.КБР.131.26.1-02.02.ПТП	

технологічній лінії.

Таблиця 2.4 – Базовий технологічний процес обробки деталі

№ операції	Найменування операції	Тип обладнання та оснастка	Інструмент
1	2	3	4
005	КОНТРОЛЬНА Вхідний контроль ВТК Заготовка ТОО - відливка		
010	ТОКАРНА Установити і закріпити. Підрізати торець в р-р 125. Розточити Ø360 В11(чорн.) з прип.5 мм на сторону. Переустановити. Підрізати торець в р-р 310.	1А64	Різець розточний для обробки наскрізних отворів 20×20 L=140 (D=21) ДСТУГОСТ 18872-73 Різець підрізний 32×20 L=170 ДСТУГОСТ 18872-73
015	КОНТРОЛЬНА Контроль ВТК		
020	РОЗМІТОЧНА Розмістити під зацентровування		
025	РОЗТОЧНА Фрезерувати з переустановом торці під зацентровування. Зацентрувати з 2-х сторін шийки Ø140	W 160	Фреза торцева Ø150 Свердло центрувальне тип R Ø (8,00)
030	ТОКАРНА Установити і закріпити. Підрізати торець. Точити Ø140h8 з переустановом-2 шийки. Розточити Ø360 В11(чистов.) зняти 2 фаски 6×10° з переустановом. Точити остаточно 2 шийки Ø140 на довжину 155, зняти фаски 4×45° з переустанов., витримуючи розмір 740.	1А64	Різець прохідний відігнутий 25×16 L=140 ДСТУГОСТ 18872-73. Різець розточний для обробки наскрізних отворів 20×20 L=140 (D=21) ДСТУГОСТ 18872-73 Різець підрізний 32×20 L=170 ДСТУГОСТ 18872-73
035	КОНТРОЛЬНА Контроль ВТК		
040	РОЗМІТОЧНА Розмітити 12отв. М16; 1отв. М12		

045	СВЕРДЛУВАЛЬНА Свердлити, нарізати різьбу 12 отв.М16 з переустановом; 1 отв.М12. Цекувати Ø26 Н=2.	2М55	Свердло Ø13,8 ДСТУГОСТ 10903-77 Мітчик М16 ДСТУГОСТ 3266-81 Свердло Ø10,1 Цековка Ø26
050	ЗАЧИСТКА Зачистити слюсарно		
055	МАРКУВАЛЬНА Маркувати номер заказу і креслення		
060	КОНТРОЛЬНА Контроль ВТК		

Глибокий аналіз базового заводського технологічного процесу дозволив виявити резерви для суттєвого підвищення продуктивності обробки. На початковому етапі, з метою оптимізації фрезерно-центрувальної операції, неефективне розточувальне обладнання пропонується замінити на спеціалізований фрезерно-центрувальний верстат, що забезпечить точне двостороннє базування заготовки.

Радикальних змін зазнали також токарна та свердлильна операції маршруту за рахунок повного оновлення моделей використовуваного верстатного парку. Для виконання токарної чистової обробки базове універсальне устаткування замінено на сучасний токарний верстат із числовим програмним керуванням моделі Doosan / DN Solutions. На етапі свердлильно-розточувальних робіт замість морально застарілого координатно-розточувального верстата з вертикальним розташуванням осі шпинделя впроваджується високоефективний багатоцільовий оброблювальний центр із ЧПК моделі Doosan (DN Solutions) NHP 800 з горизонтальною віссю шпинделя.

Впровадження зазначеного комплексу прогресивного обладнання дозволяє реалізувати принципи концентрації операцій та забезпечує суттєве скорочення підготовчо-заклучного й допоміжного часу на переналагодження. Автоматизація циклів та інтенсифікація режимів різання на нових верстатах приводять до значного зниження штучно-калькуляційного часу обробки деталі, що у підсумку забезпечує вагомe зменшення її собівартості та підвищення рентабельності виробництва.

2.1.6 Проектування заготовки

Для обґрунтування варіантів одержання заготовки використовуємо матрицю впливу факторів, що представлена таблицею 2.4.

					КНУ.КБР.131.26.1-02.02.ПТП	

Таблиця 2.4 – Матриця впливу факторів

Спосіб виготовлення заготовки	Фактори				Сума
	Форма і розміри заготовки	Точність та якість поверхневого шару	Технологічні властивості матеріалу	Економія матеріалу	
Лиття піщано - глинясті форми	+	+	+		3
Лиття в кокіль	+	+	+	+	4

Проводимо техніко-економічне порівняння варіантів одержання заготовки, порівнюючи лиття в кокіль з литтям в піщано - глинясті форми.

Вартість заготовки за формулою 2.5

$$A = M \cdot C \cdot K_n \cdot K_c \cdot K_{оп} - (Q - q) \cdot Ц \quad (2.5)$$

Вартість лиття в кокіль:

$$A = 132 \times 30,6 \times 0,95 \times 1 \times 1,6 - (132 - 128,7) \times 16 = 6087,59 \text{ грн}$$

Вартість лиття в піщано - глинясті форми:

$$A = 135 \times 30,6 \times 0,86 \times 0,68 \times 1,6 - (135 - 128,7) \times 16 = 3764,49 \text{ грн}$$

Таким чином, можна зробити висновок, що вибір лиття в піщано-глинисті форми в якості заготовки є економічно вигідним.

Проектування відливки піщано - глинясті форми виконуємо за ДСТУ 8781:2018. Клас точності розмірів і маси та ряд припусків на механічну обробку відливку зі сталі 35Л, отриману литтям у піщано – глинясті форми, з найбільшим габаритним розміром 630 – 4000 мм $\frac{9t - 13}{3 - 6}$. Так як тип виробництва середньосерійний, приймаємо клас точності розмірів і мас 11т, ряд припусків – 5.

Визначаємо допуски розмірів елементів відливки за табл. 1 [4]. Для розміру 125 мм, що утворюються однією частиною форми, допуск назначаємо за 11т класом точності розмірів відливи. Для решти розмірів допуск назначаємо за 10 класом точності розмірів.

Так як модель роз'ємна, то граничне відхилення зміщення не повинно перебільшувати $\pm 1,2$ мм (таблиця 2 [4]).

Ступінь короблення від співвідношення розмірів сторін відливки не повинна перевищувати $\pm 0,6$ мм (таблиця 3 [4]).

Верхнє граничне відхилення маси відливки не повинно перевищувати 2%

(таблиця 3 [4]).

Основні та додаткові припуски на механічну обробку (на сторону) в залежності від допусків розмірів відливок визначаємо диференціальним методом на кожний елемент відливку за таблицями 5 – 7 [4].

Дані заносимо до таблиці 2.5.

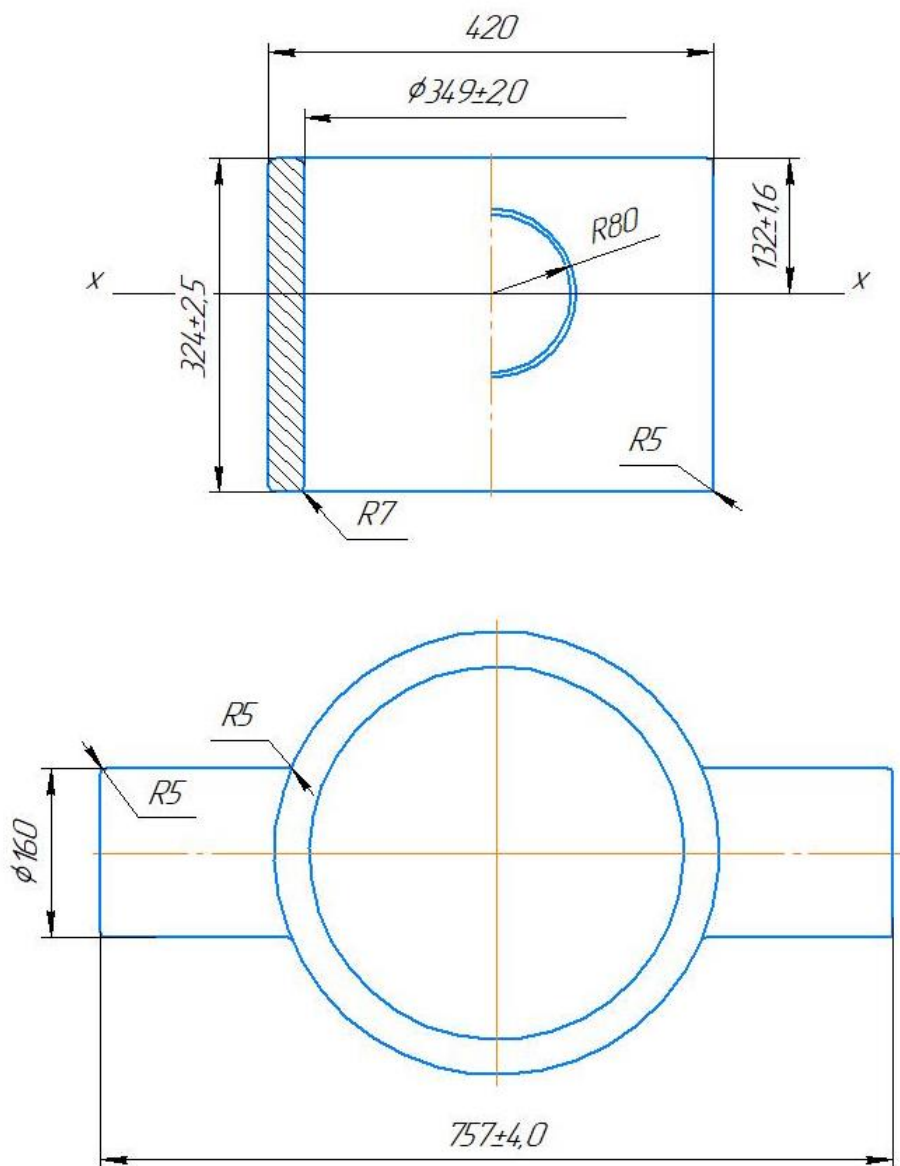


Рисунок 2.2- Ескіз заготовки корпусу

			Таблиця 2.5 – Розміри відливки								
			Номінальний розмір, мм	Квалітет, ІТ	Шорсткість Ra, мкм	Допуск, мм	Основний припуск, мм	Граничне відхилення, мм	Додатковий припуск, мм	Розмір відливки, мм	Примітка
			Лиття в кокіль								
			ø360	11	1,6	2,4	3,2×2	±1,2	—	353,6±1,2	Δсм = ±1,0 мм; Δкор. = ±0,6 мм; ВВМ = 2%
			310	14	3,2	2,4	3,2+4,0	±1,2	—	317,2±1,2	
			740	14	12,5	3,2	4,2×2	±1,6	—	748,4±1,6	
			125	14	12,5	3,2	4,2	±1,6	—	129,2±1,6	
КНУ.КБР.131.26.1-02.02.ПТТ			Лиття в піщано – глинясті форми								
			ø360	11	1,6	4,0	5,5×2	±2,0	—	349±2,0	Δсм = ±1,2 мм; Δкор. = ±0,6 мм; ВВМ = 2%
			310	14	3,2	5,0	6,0+8,0	±2,5	—	324±2,5	
			740	14	12,5	8,0	8,5×2	±4	—	757±4	
			125	14	12,5	3,2	5,5	±1,6	—	130,5±1,6	

2.1.7 Вибір і обґрунтування баз

До конструкторських основних відносяться внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 360^{+0,36}_{-0,063}$ мм, Ra 1,6 і торцеві поверхні, що відповідають розміру 310.1,3 мм.

До конструкторських допоміжних баз відносяться циліндричні поверхні 3,6 $\varnothing 140^{-0,063}_{-0,063}$ мм з шорсткістю Ra 3,2; різьбові отвори М16-7Н з шорсткістю Ra 6,3; різьбовий отвір М12-7Н з шорсткістю Ra 6,3.

Технологічними базами слугують внутрішня циліндрична поверхня і торцеві поверхні, які були зазначені вище у якості конструкторських баз.

Вимірювальні бази співпадають з конструкторськими основними базами.

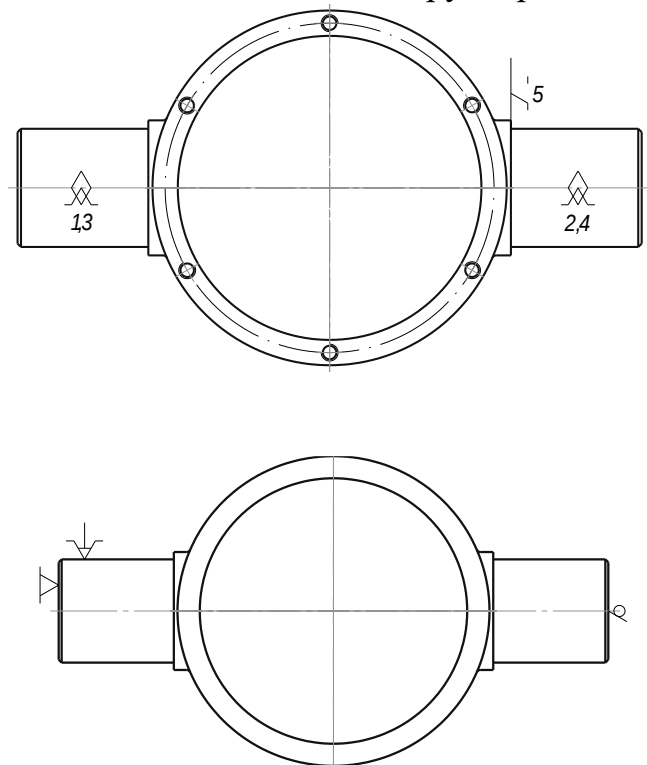
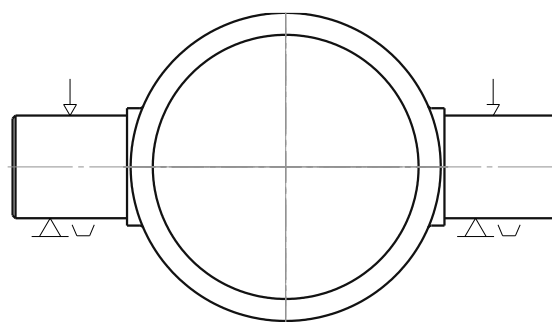


Рисунок 2.3 – Теоретична схема базування деталі корпус

Рисунок 2.4 – Схема базування на токарній операції

Рисунок 2.5 – Схема базування на фрезерно – центрувальній і



багатоцільовій операції

Принцип єдності баз зберігається, але частково, так як в операціях присутні переустанови.

2.1.8 Вибір і обґрунтування послідовності обробки поверхонь

Таблиця 2.6 – Послідовність обробки поверхонь

№ поверхні, розмір	Найменування переходу	Шорсткість, Ra	Квалітет, IT	Допуск, мкм
1	2	3	4	5
1,8 740	Заготовка	25	16	5000
	Фрезерувати торці	12,5	14	2000
2,7 4×45°	Заготовка	25	16	750
	Точити фаску	12,5	14	300
3,6 Ø140	Заготовка	25	16	2500
	Точити начорно	12,5	14	1000
	Точити півчисто	6,3	10	160
	Точити начисто	3,2	8	63
4,5 420	Заготовка	25	16	4000
	Підрізати торець	12,5	14	1550
9,10 310	Заготовка	25	16	3200
	Підрізати торець начорно	12,5	14	1300
	Підрізати торець начисто	3,2	14	1300
11 6×10°	Заготовка	-	-	-
	Точити фаску	12,5	14	300
12 Ø360	Заготовка	25	16	3600
	Точити начорно	12,5	14	1400
	Точити півчисто	6,3	12	570
	Точити начисто	3,2	11	360
	Шліфувати	1,6	11	360
13,15 12 отв. M16	Заготовка	-	-	-
	Свердли	12,5	14	430
	Зенкувати	6,3	10	70
	Нарізати різьбу	6,3	7H	18
14 M12	Заготовка	-	-	-
	Свердли	12,5	14	430
	Зенкувати		10	70
	Нарізати різьбу	6,3	7H	18
16 Ø26	Заготовка	-	-	-
	Зенкувати	6,3	14	520

2.1.9 Розробка маршруту обробки деталі

					КНУ.КБР.131.26.1-02.02.ПТП	

Таблиця 2.7 – Маршрут обробки деталі

№ операції	Найменування операції	Номер оброблюваної поверхні	Номер базуючої поверхні	Тип та модель верстата
005	Заготівельна	-	-	-
010	Фрезерно - центрувальна	1,8	3,6	Фрезерно – центрувальний MP75M
015	Токарно – гвинторізна (чорнова)	Установ А: 5,6	1,3,8	Токарно – гвинторізний 16K30
		Установ Б: 3,4	1,3,8	
020	Токарна з ЧПК (чистова)	Установ А: 5,6,7	1,3,8	Токарний Doosan / DN Solutions
		Установ Б: 2,3,4	1,3,8	
025	Багатоцільова	Установ А: 10,11,12,15	3,4,5,6	Багатоцільовий Doosan (DN Solutions) NHP 800
		Установ Б: 9,11,13,12	3,4,5,6	
		Установ В: 14,16	3,4,5,6	
030	Маркувальна	-	-	-
035	Контрольна	-	-	-

2.1.10 Розробка технологічної операції

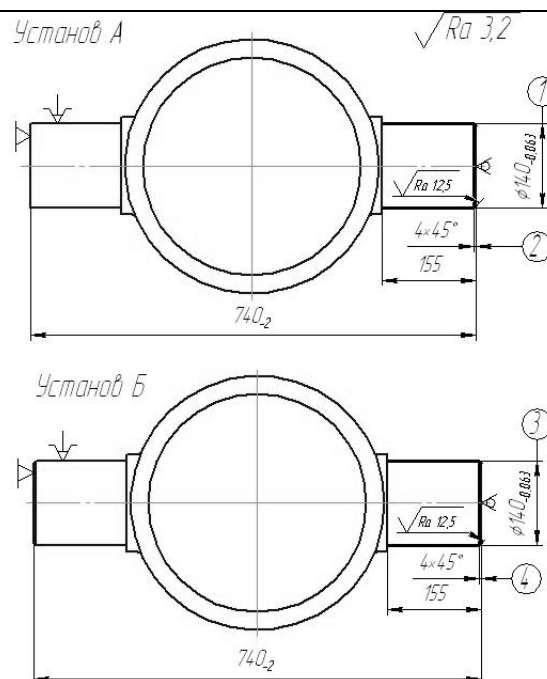
Таблиця 2.8 – Послідовність виконання технологічних операцій

№ операції, верстат	1.Назва операції, 2.Верстат 3.Зміст переходів технологічної операції	Ескіз операції
1	2	3
005	Заготівельна	
010	Фрезерно- центрувальна MP75M 1 Встановити, закріпити, зняти, 2 Фрезерувати	

	торці в розмірів 1 3 Свердли центрові отвори 2,3	
015	Токарно – гвинторізна 16К30 Установ А 1 Встановити, закріпити, зняти. 2.Точити поверхню 1 в розмір 2 начорно. 3.Підрізати торець в розмір 2. Установ Б 1.Переустановити деталь. 2.Точити поверхню 3 в розмір 4 начорно. 3.Підрізати торець в розмір 4.	

020

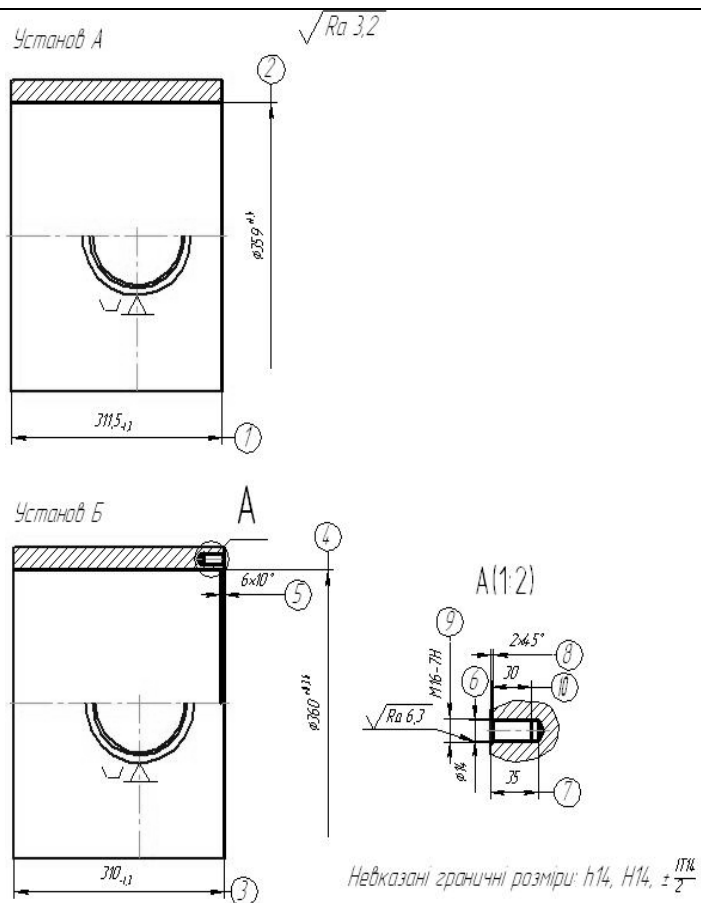
Токарна з ЧПК
Doosan / DN
Solutions
Установ А
1 Встановити,
закріпити, зняти.
2.Точити
поверхню 1
напівчисто.
3.Точити фаску 2.
4. Точити
поверхню 1
чисто.
Установ Б
1.Переустановити
деталь
2. Точити
поверхню 3
напівчисто.
3.Точити фаску 4.
4. Точити
поверхню 3
чисто.



025

Багатоцільова
Doosan (DN
Solutions) NHP
800
Установ А
1 Встановити,
закріпити, зняти.
2.Фрезерувати
торець в розмір 1
начорно.
3.Розточити отвір
2 начорно.
Установ Б
1.Переустановити
деталь.
2.Фрезерувати
торець в
розмір 3 начорно.
3.Фрезерувати
торець в розмір 3
чисто.

- 4.Розточити отвір 4 в розмір 3 начорно.
- 5.Точити фаску 5 в 6-ти отворах.
- 6.Свердлити 6 отворів 6 в розмір 7.
- 7.Зенкувати фаску 8 в 6-ти отворах.



Продовження таблиці 2.8

1	2	3
	8.Нарізати різьбу 9 в розмір 10 в 6-ти отворах. Установ В 1.Переустановити деталь. 2.Фрезерувати торець в розмір 1 чисто. 3.Точити фаску 3 4.Свердли 6 отворів 4 в розмір 5. 5.Зенкувати фаску 6 в 6-ти отворах. 6.Нарізати різьбу 7 в розмір 8 в 6-ти отворах Установ В 1.Переустановити деталь. 2.Свердли отвір 18 3.Зенкувати фаску 19 4.Нарізати різьбу в розмір 18 5.Зенкувати отвір 20	
030	Маркувальна	
035	Контрольна	

2.2 Технологічна підготовка до проектування цапфи

2.2.1 Службове призначення цапфи та вибір матеріалу

Деталь «Цапфа» входить до складу опори верхньої спіралі класифікатора 2КС-30. Цапфа призначена для передачі обертового моменту та забезпеченні точності відносного розташування деталей спряжених з нею протягом тривалого часу. На деталь діють навантаження згину, кручення та зносу. Дана деталь працює в змішаному механізмі на високих швидкостях і

передає значні крутні моменти. Тому матеріал деталі повинен мати достатню зносостійкість і високу міцність. Цим вимогам відповідає сталь 45 ДСТУ 7809:2015, що характеризується високою міцністю, помірною в'язкістю, поганою зварюваністю. Для підвищення твердості (зносостійкості) застосовується гартування.

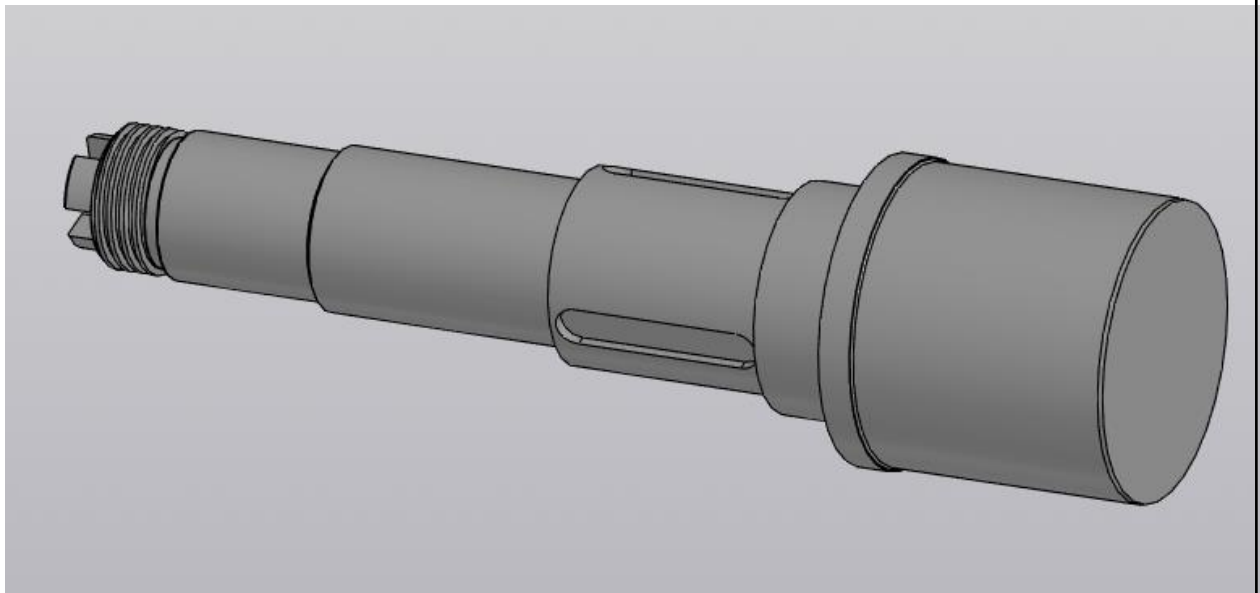


Рисунок 2.6- 3D модель цапфи

Сталь 45 можна замінити сталлю 40Х, 50, 50Г так як вони схожі за механічними і хімічними властивостями. Сталі використовуються для виготовлення деталей відповідального призначення з підвищеною міцністю - вали, шестерні, циліндри [2].

Для досягнення необхідних властивостей (кращої оброблюваності) сталь піддають термічній обробці, яка полягає у гартуванні й відпуску (покращення). Гартування сталі проводять при 840–860°C з охолодженням в воді, а відпуск при 400°C з охолодженням на повітрі. У результаті термічної обробки підвищується твердість до 285 НВ, міцність та зносостійкість сталі. На рисунку 2.1 приведена цапфа.

2.2.2 Аналіз якості поверхонь деталей

Проводимо нумерацію поверхонь на кресленні деталі (додаток А).

Основні поверхні служать для визначення положення деталі у вузлі. До них відносяться шийки цапфи під підшипники 5 $\varnothing 180_{-0,025}^0$ мм, Ra 1,6 і 7 $\varnothing 200_{+0,004}^{+0,033}$ мм, Ra 1,6.

Допоміжні поверхні служать для визначення положення деталей, що приєднуються. Допоміжними поверхнями є поверхня 15 $\varnothing 365_{+0,435}^{+0,524}$ мм, Ra 1,6 і поверхня 9 $\varnothing 240_{+0,031}^{+0,060}$, Ra 1,6.

					КНУ.КБР.131.26.1-02.02.ПТП	

Technical drawing of a mechanical part, likely a flange or cover plate, showing front, top, and side views with detailed dimensions and tolerances.

Front View (Top): Shows the overall dimensions and features of the part. Key dimensions include a total width of 195, a central hole diameter of $\varnothing 125$, and a flange diameter of $\varnothing 160$. The drawing includes various surface finish symbols (e.g., $Ra 6.3$, $Ra 16$) and geometric tolerances (e.g., ± 0.02 , ± 0.05). Section lines A-A and B-B are indicated.

Top View (Left): Shows the circular top surface of the part. It features a central hole with a diameter of $\varnothing 125$ and four smaller holes arranged in a circle. The outer diameter is $\varnothing 160$. Surface finish symbols and geometric tolerances are provided for various features.

Side View (Right): Shows the profile of the part, including the flange thickness and the central hole. It includes dimensions for the flange diameter ($\varnothing 160$), the central hole diameter ($\varnothing 125$), and the flange thickness (10). Surface finish symbols and geometric tolerances are also shown.

Section A-A (Left): A cross-section view showing the internal structure of the part. It includes dimensions for the flange thickness (10), the central hole diameter ($\varnothing 125$), and the flange diameter ($\varnothing 160$). Surface finish symbols and geometric tolerances are provided for various features.

Section B-B (Right): A cross-section view showing the profile of the part. It includes dimensions for the flange thickness (10), the central hole diameter ($\varnothing 125$), and the flange diameter ($\varnothing 160$). Surface finish symbols and geometric tolerances are also shown.

Technical Specifications:

- Material: Сталь 45
- Heat Treatment: Нормализация
- Surface Finish: $Ra 6.3$, $Ra 16$, $Ra 3.2$
- Geometric Tolerances: ± 0.02 , ± 0.05 , ± 0.1

До вільних поверхонь відносяться всі інші поверхні.

№ пов-ні	Номінальний розмір, мм	Квалітет, ІТ	Допуск Т чи відхилення розміру	Шорсткість, Ra, мкм	Відхилення форми чи розташування поверхонь
1	2	3	4	5	6
1,16	1395	14	0	12,5	-
			-3,1		
2	Ø140	14	0	12,5	-
			-1,0		
3	Tr175×16	8	0	6,3	-
			-0,063		

4	20	14	0	12,5	-		
			-0,52				
5	Ø180	6	0	1,6		0,2	
			-0,025			0,2	Г
6	200	14	0	12,5		0,2	Г
			-1,15				
7	Ø200	6	+0,033	1,6	-		
			+0,004				
8	320	14	0	12,5		0,2	Г
			-1,4				
9	Ø240	6	+0,060	1,6	-		
			+0,031				
10	275	14	0	12,5		0,2	Г
			-1,3				
11	Ø280	14	0	12,5	-		
			-1,3				
12,14	40	14	0	12,5	-		
			-0,62				
13	Ø375	14	0	12,5	-		
			-1,4				
15	Ø365	8	+0,524	1,6	-		
			+0,435				
16	325	14	0	12,5	-		
			-1,4				
17,18	Шпонковий паз 50×14	9	-0,026	3,2		0,06	Г
			-0,088			0,2	Г
19	M16	7H		3,2		1,0	
20	40	12	+0,25	6,3	-		
			0				

2.2.3 Технічний контроль робочого креслення

Конструкторська документація на цапфу пройшла повний технічний контроль та перевірку на відповідність стандартам ЄСКД за такими критеріями:

- Графічна частина та повнота зображень: Геометрична форма виробу однозначно й вичерпно визначається наведеними на кресленні головним виглядом, виглядом зліва, додатковим виносним елементом із деталізацією конструктивної канавки, а також поперечним перерізом, що розкриває конфігурацію пазів. Зазначений комплекс графічних зображень є

					КНУ.КБР.131.26.1-02.02.ПТП	

цілком достатнім для безпомилкового сприйняття просторової форми, внутрішньої будови та всіх конструктивних особливостей цапфи.

- Розмірний аналіз та параметри точності: На кресленні проставлено повний набір лінійних і діаметральних розмірів, необхідних для реалізації технологічного процесу механічної обробки. Для функціонально важливих (основних) поверхонь безпосередньо вказано індивідуальні граничні відхилення та квалітети точності. Більша частина конструктивних розмірів не має індивідуальних позначень допусків і, згідно із загальними технічними вимогами, підлягає виконанню за 14-м квалітетом.

- Якість поверхонь та шорсткість: Параметри шорсткості для основних та допоміжних оброблюваних поверхонь винесені безпосередньо на контурні або виносні лінії. Невказана шорсткість для інших поверхонь, що підлягають механічній обробці, становить $Ra\ 12,5\ \mu m$, а решта поверхонь виконується за 14-м квалітетом точності, про що свідчить відповідний нормативний запис у правому верхньому кутку креслення.

- Технічні вимоги: Текстова частина, розміщена над основним написом, містить необхідну технологічну та метрологічну інформацію. Зокрема, там регламентовано групу складності вихідної заготовки, невказані допуски форми і розташування, а також загальні вказівки щодо граничних відхилень розмірів за 14-м квалітетом.

- Основний напис (штамп): У правому нижньому кутку креслення наведено повні ідентифікаційні дані про виріб: найменування деталі («Цапфа»), марку конструкційного матеріалу (якісна вуглецева сталь Сталь 45 згідно з ДСТУ 7809:2015), фактичну масу масивного виробу (584,1 кг) та масштаб виконання графічного зображення (1:4).

Висновок: Подане робоче креслення повністю задовольняє вимогам стандартів ЄСКД, є технічно закономірним, не містить суперечливих даних і містить повний обсяг геометричної, матеріалознавчої та метрологічної інформації, необхідної для проектування оптимального маршруту виготовлення деталі.

2.2.4 Аналіз технологічності деталі

2.2.4.1. Якісний аналіз технологічності конструкції деталі

Конструктивно-класифікаційна характеристика деталі «Цапфа» визначається на основі її належності до класу тіл обертання типу валів. Відповідно до технологічного класифікатора ЄСКД, деталь ідентифікується кодом 715524. Цей шифр послідовно розкриває конструктивні особливості виробу: клас 710000 визначає деталь як тіло обертання (кільця, диски, втулки, вали, осі); підклас 715000 вказує на геометрію вала з відношенням довжини до діаметра більше ніж два ($L > 2D$) та циліндричною зовнішньою поверхнею; група 715500 регламентує відсутність закритих уступів, ступінчасту форму та наявність зовнішньої нарізі; підгрупа 715520 описує наявність центрального глухого отвору з обох боків без нарізі, а вид 715524 остаточно класифікує

					КНУ.КБР.131.26.1-02.02.ПТП	

деталь як таку, що має пази на зовнішній поверхні та ексцентрично розташовані отвори поза головною віссю.

Конструкція цапфи забезпечує високопродуктивну обробку торцевих поверхонь на прохід без виникнення технологічних перешкод. Конструктивне розташування та міжосьові відстані кріпильних отворів дозволяють реалізувати їхнє паралельне свердління на багатоосьових оброблювальних центрах. Геометрія внутрішніх отворів допускає розточування на прохід з одного боку, а відкритий контур деталі гарантує безперешкодний доступ різального інструменту до всіх зон формоутворення.

Як вихідна заготовка для даної деталі використовується кована поковка, одержана методом вільного кування на ковальських молотах або пресах. З погляду заготівельного виробництва заготовка є обмежено технологічною, оскільки її значна маса вимагає обов'язкового застосування автоматизованих цехових маніпуляторів і підйомних механізмів. Водночас цапфа має розвинені й жорсткі базові поверхні, які забезпечують надійне та стабільне базування й закріплення заготовки на етапах механічної обробки. Нескладна конфігурація контуру не створює перешкод для підведення й відведення робочих органів верстатів та вимірювальних приладів під час технічного контролю, що дозволяє досягати заданої точності на універсальному обладнанні за допомогою стандартного різального інструментарію.

Важливим технологічним параметром є жорсткість деталі, яка визначається співвідношенням довжини до максимального діаметра:

$$l/d = 1395 / 375 = 3,72$$

Отримане значення формально відносить вал до групи жорстких деталей, що дозволяє призначати інтенсифіковані режими різання та впроваджувати багатоінструментальні схеми обробки. Проте, зважаючи на великі габаритні розміри та значну масу виробу, для запобігання прогину від сил різання та усунення вібрацій у технологічній системі необхідно передбачати використання додаткових опорних пристосувань (люнетів).

Необхідні параметри точності та шорсткості поверхонь досягаються за рахунок стандартних методів металорізання на обладнанні нормального класу точності й не потребують унікального прецизійного устаткування. На основі вищевикладеного можна зробити висновок, що деталь «Цапфа» загалом є технологічною за своєю геометричною формою та структурою базування, проте характеризується підвищеною складністю та трудомісткістю в обробці через значну масу, габарити, а також наявність таких нетехнологічних елементів, як шпонкові пази та ексцентричні отвори на торці вала.

2.2.4.2 Кількісний аналіз технологічності

Коефіцієнт використання матеріалу :

					КНУ.КБР.131.26.1-02.02.ПТП	

$$K = M_3/M_d \quad (2.6)$$

$$K = \frac{640}{584,1} = 1,1$$

Середня точність, яка знаходиться по формулі:

$$IT_{сер} = \frac{\sum T \cdot n}{N}, \quad (2.7)$$

Тоді:

$$IT_{сер} = \frac{14 \cdot 13 + 12 \cdot 1 + 9 \cdot 2 + 8 \cdot 1 + 6 \cdot 3}{20} = 11,9.$$

Це свідчить, що деталь має невисоку точність.

Розраховуємо середню шорсткість:

$$Ra_{сер} = \frac{\sum Ra \cdot n}{N}, \quad (2.8)$$

$$Ra_{сер} = \frac{12 \cdot 12,5 + 6,3 \cdot 2 + 3,2 \cdot 2 + 1,6 \cdot 4}{20} = 8,77.$$

Деталь має середні вимоги до шорсткості.

Розраховуємо коефіцієнт уніфікації деталі [21]:

$$K_y = \frac{Q_{y.n.}}{Q_3}, \quad (2.9)$$

$$K_y = \frac{18}{20} = 0,9.$$

Вирахуваний коефіцієнт уніфікації $K_y = 0,9$ – високий.

Таким чином, загалом деталь технологічна.

2.2.5 Вибір типу виробництва

Проектування механічного цеху в якому виготовляються деталь "Цапфа" проводиться за умовною програмою.

За умовною програмою проектується цехи, точну номенклатуру виробів для яких встановити не можливо. Умовна програма такого цеху може бути визначена в грошовому виразі або в нормо годинах. При цьому визначаються умовні представники, по яких є початкові дані.

Дана деталь виготовляються в кількості 2000 штук в рік, але оскільки завантаження верстатів невелике, для довантаження використовуються деталі схожі по конструктивно – технологічним ознакам.

Виробництво деталі середньосерійне і обробка буде виконуватися на технологічній лінії.

					КНУ.КБР.131.26.1-02.02.ПТП	

2.2.6 Вибір типового технологічного процесу

Таблиця 2.10 – Заводський технологічний процес обробки деталі

№ операції	Найменування операції	Тип обладнання та оснастка	Інструмент
1	2	3	4
005	КОНТРОЛЬНА Вхідний контроль ВТК Заготовка КПП: поковка Ø405±8, Ø275±7, довжиною 1470±22		
010	РОЗМІТОЧНА Розмістити торець під зацентровування		
015	РОЗТОЧНА Установити, закріпити. Фрезерувати торець. Зацентрувати.		
020	ТОКАРНА (ЧОРНОВА) Установити, закріпити. Точити начорно з припуском 10мм на діаметрі і 3мм на торці	РТ-801Ф1	Різець прохідний відігнутий 25×20 L=170 ДСТУГОСТ 18877-73
025	КОНТРОЛЬНА Контроль ВТК		
030	ТОКАРНА Установити і закріпити. Підрізати торець в р-р 1410. Точити остаточно витримуючи розміри креслення: Ø280 на довжину 105, виконавши R5 з підрізкою торця по Ø375 в р-р40; Ø280h6 ^(+0,06/+0,031) на довжину 275, виконавши R5 з підрізкою торця по Ø280 в р-р 105; Ø200k6 ^(+0,033/+0,004) на довжину 320, виконавши R5 з підрізкою торця по Ø240 в р-р 275; обточити фаску 2×45°; Ø180h6 ^(-0,025) на довжину 200, виконавши R5 з підрізкою торця по Ø200 в р-р	ДР133/900	Різець прохідний відігнутий 32×20 L=170 18872-73. Різець різбовий 32×20 S=16 тип 3 ДСТУГОСТ 18872-73

	320; точити зовнішній діаметр під нарізання різьби Tr175×16 на довжину 130; проточити канавку до Ø156,8 шириною 20, витримуючи розміри креслення (вид Б); точити Ø140 на довжину 40; обточити фаски 3×45°; 9×45°.Нарізати різьбу Tr175×16 на довжину 70.		
035	РОЗМІТОЧНА Розмітити 2 шпон. пази; 2 торцевих паза; 4 отв. М16.		
040	РОЗТОЧНА Установити, закріпити. Фрезерувати 2 шпонкових паза в розмір 50P9×260 з переустановом на кут 120° витримавши розмір 226-0,3 . Фрезерувати 2 торцевих паза в розмір Н=40Н12 по Ø140. Свердли, нарізати різьбу 4отв.М16.	W160H	Фреза шпонкова Ø50 L=38 ДСТУГОСТ 9140-78 Фреза шпонкова Ø40 L=63 ДСТУГОСТ 9140-78 Свердло Ø13,8 ДСТУГОСТ 10903-77 Мітчик М16 ДСТУГОСТ 3266-81
045	ЗАЧИСТКА Зачистити слюсарно		
050	МАРКУВАЛЬНА Маркувати номер заказу і креслення		
055	КОНТРОЛЬНА		

Проаналізувавши заводський технологічний процес на токарній та розточувальній операціях замінимо моделі верстатів. Для фрезерування шпонкових пазів використаємо вертикально – фрезерний верстат 6P13. Використаємо верстат з ЧПК для токарної чистової обробки Рута 4100В. Це приведе до скорочення часу на наладку та обробку деталі, зменшення її собівартості.

2.2.7 Проектування заготовок

Таблиця 2.11 – Матриця впливу факторів

Спосіб виготовлення заготовки	Фактори				Сума
	Форма і розміри заготовки	Точність та якість поверхневого шару	Технологічні властивості матеріалу	Економія матеріалу	
Ковка на молотах	+	+	+	+	4
Ковка на пресах	+	+	+	-	3

Проектування поковки виготовленої ковкою на пресах проводимо за ДСТУ 9182:2022.

Таблиця 2.12 – Дані проектування заготовки

№ п/п	Номінальний розмір, мм	Основний припуск, мм	Граничні відхилення, мм	Додатковий припуск, мм	Розмір заготовки, мм
1	Ø180	15	±6	10	Ø205±6
2	Ø200	16	±6	(9)	Ø216±6
3	Ø240	18	±7	7	Ø265±7
4	Ø280	19	±7	5	Ø304±7
5	Ø375	22	±8	9	Ø406±8
6	Ø365	22	±8	3	Ø389±8
7	330	10,5	±12	-	340,5±12
8	320	-1,5	±12	-	318,5±7,5
9	275	-0,75	±12	-	274,25±7,5
10	40	33	±12	-	67±7,5
11	325	16,5	±12	-	
12	1395	55,5	±21	-	1440±12,5

Основні припуски і допуски на діаметри визначають по таблиці 3 залежно від загальної довжини деталі L і діаметра D.

Припуски на всі інші розміри розраховуємо згідно правила розмірних ланцюгів.

Додатковий припуск S призначаємо на діаметри всіх перетинів, окрім основного, в залежності від різниці діаметрів найбільшого і перерізів деталі, що розглядаються. Величину припуску визначаємо по таблиці 3[18].

Розміри висот і довжин уступів і виїмок

					КНУ.КБР.131.26.1-02.02.ПТП	

Довжина уступу діаметром 406 рівна 40 мм, довжина повинна бути 290 тому уступ не виконується.

Довжина уступу діаметром 304 рівна 40 мм, мінімальна довжина повинна бути 270 тому уступ не виконується.

Висота уступу діаметрами 205 рівна 11 мм, мінімальна висота повинна бути 12 тому уступ не виконується.

Виконуємо креслення заготовки (рисунок 2.8).

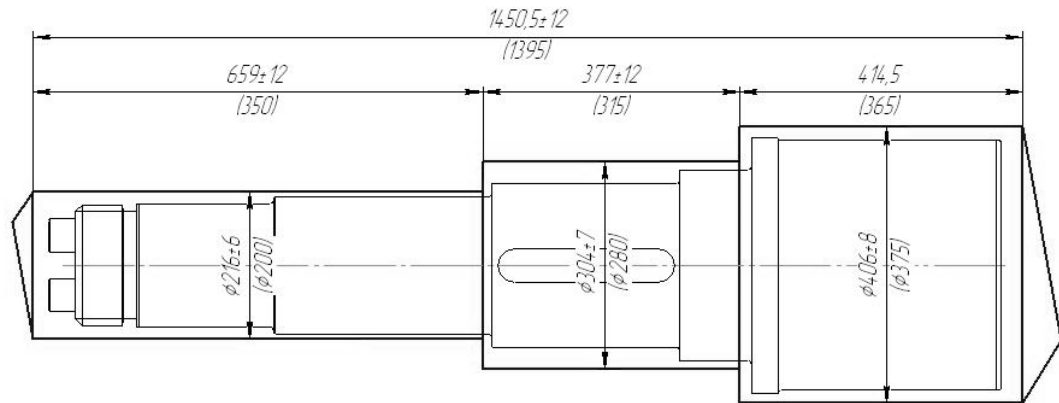


Рисунок 2.8 – Заготовка поковка виготовлена ковкою на пресах

2.2.8 Вибір і обґрунтування баз

За своїм призначенням і областю використання в машинобудуванні бази поділяються на конструкторські, вимірювальні та технологічні, які використовуються при зборці чи механічній обробці. Єдність баз досягається при поєднанні основних поверхонь з конструкторськими основними базами, а допоміжних – з допоміжними конструкторськими базами [22].

До конструкторських основних відносяться шийки цапфи під підшипники 5 - $\varnothing 180_{-0,025}^{\text{мм}}$, Ra 1,6 і 7 - $\varnothing 200_{+0,004}^{+0,033}$ мм, Ra 1,6.

До конструкторських допоміжних баз поверхня 15 $\varnothing 365_{+0,435}^{+0,524}$ мм, Ra 1,6 і поверхня 9 $\varnothing 240_{+0,031}^{+0,060}$, Ra 1,6.

Технологічними базами є зовнішні циліндричні поверхні, які були зазначені вище у якості конструкторських баз.

Вимірювальні бази співпадають з конструкторськими основними базами.

Теоретична схема базування з вказівкою 6 опорних точок зображена на рисунку 2.9

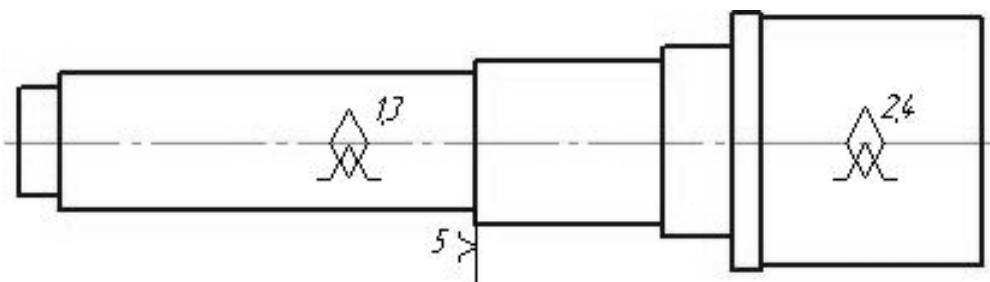


Рисунок 2.9 – Теоретична схема базування

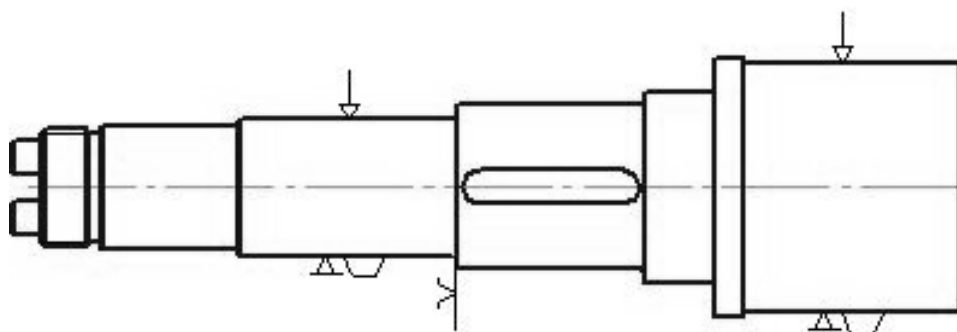


Рисунок 2.10 – Схема базування на горизонтально – розточну і вертикально фрезерну операції

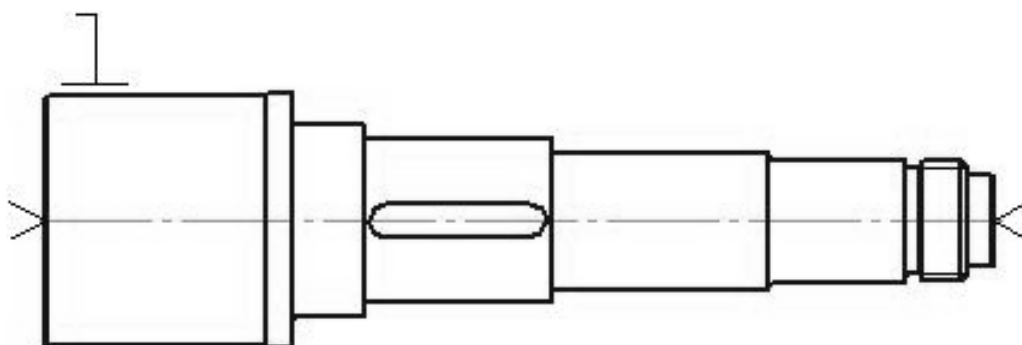


Рисунок 2.11 – Схема базування на токарну операцію

Принцип єдності баз зберігається.

2.2.9 Вибір і обґрунтування послідовності обробки поверхонь

Таблиця 2.13 – Послідовність обробки поверхонь

№ поверхні, розмір	Найменування переходу	Шорсткість, Ra	Точність, IT	Допуск, мкм
1	2	3	4	5
1,16 1395	Заготовка	25	16	7800
	Фрезерувати торці	12,5	14	3100
2 Ø140	Заготовка	25	16	2500
	Точити начорно	12,5	14	1000
3 Tr175×16	Заготовка	25	16	2500
	Точити начорно	12,5	14	1000
	Точити півчисто	6,3	10	160
	Нарізати різьбу	6,3	8	63
4 20	Заготовка	25	16	1300
	Точити канавку	12,5	14	520
5 Ø180	Заготовка	25	16	2500
	Точити начорно	12,5	14	1000
	Точити півчисто	6,3	10	160
	Точити начисто	3,2	8	63
	Точити тонко	1,6	6	25
6 200	Заготовка	25	16	2900
	Точити торець	12,5	14	1150
7 Ø200	Заготовка	25	16	2900
	Точити начорно	12,5	14	1150
	Точити півчисто	6,3	10	185
	Точити начисто	3,2	8	72
	Точити тонко	1,6	6	29
8 320	Заготовка	25	16	3200
	Точити торець	12,5	14	1300
9 Ø240	Заготовка	25	16	2900
	Точити начорно	12,5	14	1150
	Точити півчисто	6,3	10	185
	Точити начисто	3,2	8	72
	Точити тонко	1,6	6	29
10 275	Заготовка	25	16	3200
	Точити торець	12,5	14	1300
11 Ø280	Заготовка	25	16	3200
	Точити начорно	12,5	14	1300
12,14 40	Заготовка	25	16	1600
	Точити торець	12,5	14	620
13 Ø375	Заготовка	25	16	3600

КНУ.КБР.131.26.1-02.02.ПТП

	Точити начорно	12,5	14	1400
15 Ø365	Заготовка	25	16	3600
	Точити начорно	12,5	14	1400
	Точити півчисто	6,3	10	360
	Точити начисто	3,2	9	140
	Точити тонко	1,6	8	89
17,18 50	Заготовка	-	-	-
	Фрезерувати паз	6,3	9	62
19 M16	Заготовка	-	-	-
	Свердлити	12,5	14	430
	Зенкерувати	6,3	10	70
	Розгортати	3,2	9	43
	Нарізати різьбу	3,2	7H	18
20 40	Заготовка	-	-	-
	Фрезерувати паз	6,3	12	250
21 6×10°	Заготовка	-	-	-
	Точити фаску	12,5	14	300

2.2.10 Розробка маршруту обробки деталі

Таблиця 2.14 – Маршрут обробки деталі

№ операції	Найменування операції	Номер оброблюваної поверхні	Номер базової поверхні	Тип та модель верстата
1	2	3	4	5
005	Заготівельна	-	-	-
010	Фрезерно-центрувальна	1,16	7,8,15	Фрезерно - центрувальний MP75M
015	Токарна (чорнова)	Установ А: 14,15	1,3,16	Токарно – гвинторізний 16K30
		Установ Б: 2,3,5,6,7,8,9, 10,11,12	1,15,16	
020	Токарна з ЧПК	Установ А: 15,21	1,3,16	Puma 4100B.
		Установ Б: 3,4,5,7,9	1,15,16	
025	Горизонтально - розточна	19,20	7,8,15	TOS Varnsdorf WRD 130
030	Вертикально - фрезерна	17,18	1,3,16	Вертикально – фрезерний 6P13
035	Контрольна	-	-	-

КНУ.КБР.131.26.1-02.02.ПТП

2.2.11 Розробка технологічної операції

Таблиця 2.15 – Послідовність технологічних операцій

№ операції та переходів	1. Назва операції 2. Верстат 3. Зміст переходів технологічної операції	Інструмент (ріжучий, допоміжний, вимірювальний)
1	2	3
005	Заготівельна	-
010	Фрезерно-центрувальна MP75M	
	1.Фрезерувати торці в розмір 1 2. Свердлити центрові отвори в розмір 2.	Фреза 2214-0007 Свердло 2317-0011 Штангенциркуль
015	Токарна (чорнова) 16K30 Установ А 1.Точити поверхню 2 в розмір 1. 2. Підрізати торець 1. 3.Точити поверхню 3. Установ Б 1.Точити поверхню 4 в розмір 10. 2.Підрізати торці 10,11,12,13,14,15. 3.Точити поверхню 5 в розмір11. 4. Точити поверхню 6 в розмір 12. 5. Точити поверхню 7 в розмір 13. 6. Точити поверхню 8 в розмір 14. 7. Точити поверхню 9 в розмір 15.	Різець 2101-0013 ДСТУГОСТ 18879-73 Різець 2112-0057 ДСТУГОСТ 18880-73 Різець 2101-0013 ДСТУГОСТ 18879-73 Різець 2102-0055 ДСТУГОСТ 166-80 Різець 2102-0055ДСТУ ГОСТ 166-80 Різець 2102-0055 ДСТУГОСТ 166-80 Різець 2102-0055 ДСТУГОСТ 166-80 Різець 2102-0055 ДСТУГОСТ 166-80 Різець 2102-0055 ДСТУГОСТ166-80 Різець 2100-2191 ДСТУГОСТ 26611-85 Різець 2100-2191ДСТУ ГОСТ 26611-85 Штангенциркуль
020	Токарна з ЧПК Рума 4100В. Установ А 1 Точити поверхню1 напівчисто. 2. Точити поверхню1 начисто. Установ Б 1. Точити поверхні 2,3,4,5	Різець 2103-0717ДСТУ ГОСТ 20872-80 Різець 2103-0717 ДСТУГОСТ 20872-80 Різець 2102-0055ДСТУ ГОСТ166-80

	напівчисто. 2. Точити канавку 6 в розмір 7. 3. Точити поверхні 3,4,5 чисто. 4. Точити поверхні 3,4,5 тонко. 5. Нарізати різьбу 2.	Різець 2100-2191 ДСТУГОСТ 26611-85 Різець 2103-0717 ДСТУГОСТ 20872-80 Різець 2103-0717ДСТУ ГОСТ 20872-80 Різець 2664-0518 ДСТУГОСТ 18876 – 73 Штангенциркуль ШЦ-II-135-0,05
025	Горизонтально – розточувальна TOS Varnsdorf WRD 130 1. Фрезерувати 2 торцевих пази в розмір 1 по діаметру 140. 2. Свердлити 4 отвори під різьбу на глибину 2 3. Зенкувати 4 фаски в розмір 3. 4. Нарізати різьбу M16 в 4 отворах в	Фреза шпоночна d=40мм 2235-0127 ДСТУГОСТ 9140-78 Свердло спіральне d =14 мм 2301-0020 ДСТУГОСТ 10903-77 Зенківка 2353-0136 ДСТУГОСТ 14953-80 Мітчик M16 2620-2597ДСТУ ГОСТ 3266-81
	розмір 4 на глибину 5	Штангенциркуль ШЦ-II-135-0,05
030	Вертикально – фрезерна 6P13 1.Фрезерувати 2 шпоночні пази	Фреза шпоночна d=50мм 2235-0043 ТУ2-035-858-82
035	Контрольна	

2.2.12 Розрахунок міжопераційних розмірів і припусків на обробку

За кресленням деталі «Цапфа» визначаємо, що самою точною і чистою циліндричною поверхнею буде поверхня діаметром $240k6^{(+0,060)}_{(+0,031)}$ мм із шорсткістю Ra1,6 мкм.

Таблиця 2.15 – Послідовність обробки поверхні діаметром 240 мм

Технологічні переходи	Квалітет точності	Шорсткість, мкм	Граничні відхилення, мм
Заготовка	h16	25	$\pm 1,45$
Чорнове точіння	h14	12,5	0 $-1,15$
Напівчистове точіння	h10	6,3	0 $-0,185$
Чистове точіння	h8	3,2	0 $-0,072$
Тонке точіння	k6	1,6	$+0,060$ $-0,031$

Для зручності ведення розрахунків всі довідкові та розрахункові величини заносимо у таблицю 2.16

					КНУ.КБР.131.26.1-02.02.ПТП	

2.2.12.1 Розрахунок міжопераційних лінійних розмірів

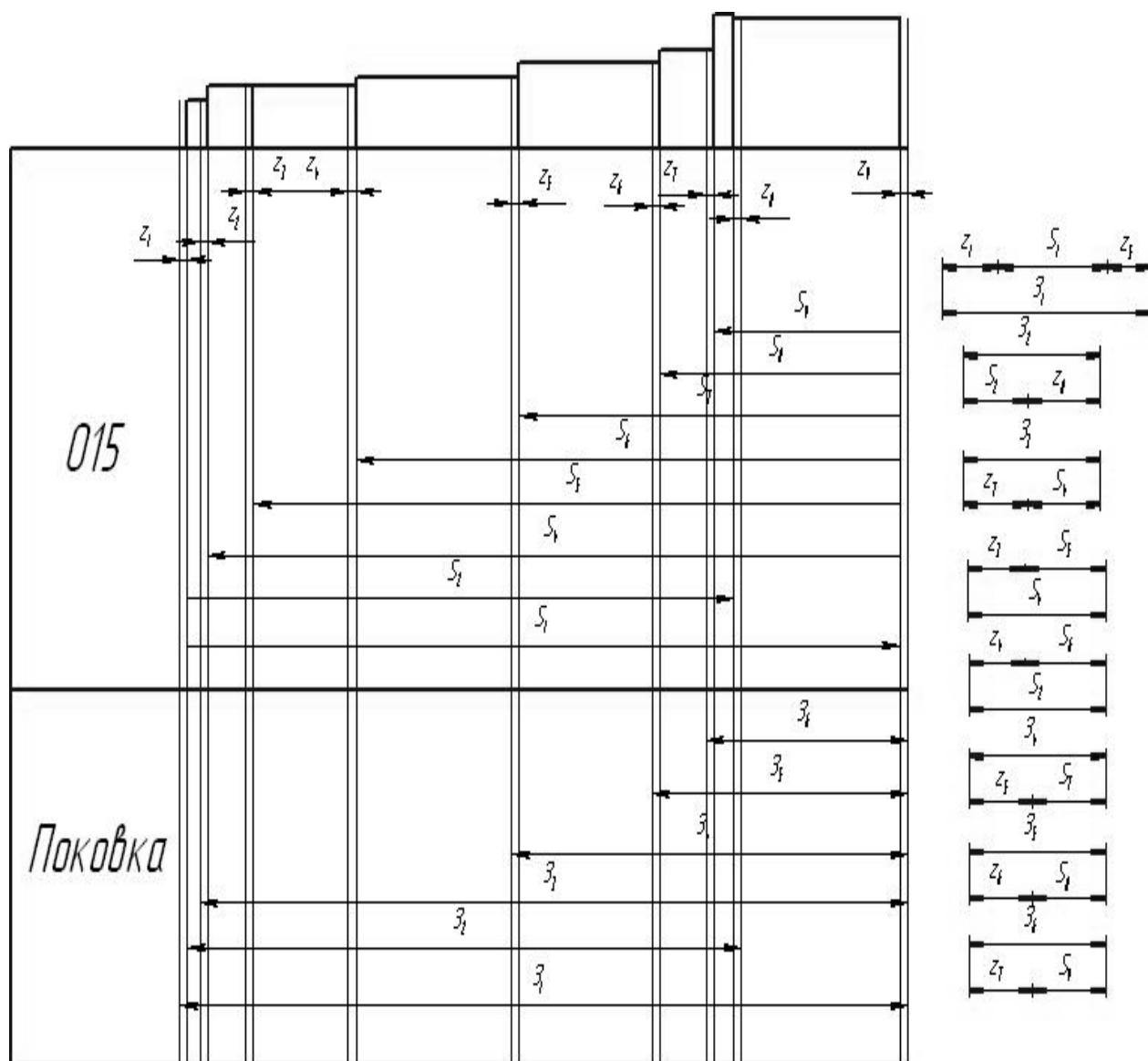


Рисунок 2.11 – Схема технологічного процесу обробки торців деталі

			Таблиця 2.17 – Розрахунок технологічних розмірних ланцюгів						
			№ р.л.	Рівняння розмірного ланцюга	Вихідне значення, мм	Номінальний технологічний розмір, мм	Допуск технологічного розміру, мм	Технологічний розмір настроювання, мм	Граничне значення припусків, мм
			1	2	3	4	5	6	7
			1	$z_1 = S_1 + z_1 + z_9$	$S_1 = 1395_{-3,1}$ $z_1 = z_9 = 22,5$	$z_1 = 22,5 + 1395 +$ $+ 22,5 = 1440$	25	$z_1 = 1440 \pm 12,5$	$z_1 = z_9 = \frac{1400 \pm 12,5 - 1395_{-3,1}}{2} =$ $= 22,5^{+7,8}_{-6,25}$
			2	$z_2 = S_2 + z_8$	$S_1 = 1070_{-1,8}$ $z_8 = 13,5$	$z_2 = 13,5 + 1070 = 1083,5$	4,2	$z_2 = 1083,5_{-4,2}$	$z_8 = 1083,5_{-4,2} - 1070_{-1,8} = 13,5^{+1,8}_{-4,2}$
КНУ.КБР.131.26.1-02.02.ПТГ			3	$z_3 = S_4 + z_7$	$S_4 = 1355_{-3,1}$ $z_8 = 13,5$	$z_3 = 13,5 + 1355 = 1368,5$	4,2	$z_3 = 1368,5_{-4,2}$	$z_7 = 1368,5_{-4,2} - 1355_{-3,1} =$ $= 13,5^{+3,1}_{-4,2}$
			4	$S_4 = S_5 + z_3$	$S_5 = 1265_{-3,1}$ $z_3 = 90$	$S_4 = 1265 + 90 = 1355$	3,1	$S_4 = 1355_{-3,1}$	$S_5 = 1355_{-3,1} - 1265_{-3,1} =$ $= 90 \pm 3,1$
			5	$S_2 = S_6 + z_4$	$S_6 = 1065_{-3,1}$ $z_4 = 13,5$	$S_2 = 1065 + 200 = 1265$	3,1	$S_2 = 1265_{-3,6}$	$z_4 = 1265_{-3,1} - 1065_{-3,1} =$ $= 200 \pm 3,1$
			6	$z_4 = S_7 + z_5$	$S_7 = 890_{-2,3}$ $z_5 = 13,5$	$z_4 = 890 + 13,5 = 903,5$	3,6	$z_4 = 903,5_{-3,6}$	$z_5 = 903,5_{-3,6} - 890_{-2,3} =$ $= 13,5^{+2,3}_{-3,6}$
			7	$z_5 = S_8 + z_6$	$S_8 = 575_{-1,75}$ $z_6 = 13,5$	$z_5 = 575 + 13,5 = 378,5$	2,8	$z_5 = 588,5_{-2,8}$	$z_6 = 588,5_{-2,5} - 575_{-1,75} =$ $= 13,5^{+1,75}_{-2,5}$
			8	$z_6 = S_9 + z_7$	$S_9 = 365_{-1,4}$ $z_2 = 13,5$	$z_6 = 365 + 13,5 = 375,8$	2,3	$z_6 = 378,5_{-2,3}$	$z_7 = 378,5_{-2,3} - 365_{-1,4} =$ $= 13,5^{+1,4}_{-2,3}$

КНУ.КБР.131.26.1-02.02.ПТТ

2.2.12.2 Вибір між операційних розмірів і припусків на обробку

Згідно розрахунків, що приведені вище, заповнюємо таблицю 2.18 на всі поверхні.

Таблиця 2.18– Між операційні розміри з допусками

№ поверхні, розмір	Найменування переходу	Шорсткість, Ra	Точність, IT	Допуск, мкм	Припуск, t, мм	Міжопераційний розмір з допусками, мм
1	2	3	4	5	6	7
1,16 1395	Заготовка	25	16	7800	45	1440±3,9
	Фрезерувати торці	12,5	14	3100	45	1395 _{-3,1}
2 Ø140	Заготовка	25	16	2500	23	Ø163±1,25
	Точити начорно	12,5	14	1000	23	Ø140 _{-1,0}
3 Tr175×16	Заготовка	25	16	2500	29	Ø204±1,25
	Точити начорно	12,5	14	1000	26	Ø178
	Точити півчисто	6,3	10	160	3	Ø175
	Нарізати різьбу	6,3	8	63		Tr175×16
4 20	Заготовка	25	16	1300	18,2	175±0,65
	Точити канавку	12,5	14	520	18,2	156,8 _{-0,52}
5 Ø180	Заготовка	25	16	2500	24	Ø204±1,25
	Точити начорно	12,5	14	1000	20	Ø184 _{-1,0}
	Точити півчисто	6,3	10	160	2,0	Ø182 _{-0,16}
	Точити начисто	3,2	8	63	1,4	Ø180,6 _{-0,063}
	Точити тонко	1,6	6	25	0,6	Ø180 _{-0,025}
6 200	Заготовка	25	16	2900	13,5	186,5±1,45
	Точити торець	12,5	14	1150	13,5	200 _{-1,15}
7 Ø200	Заготовка	25	16	2900	14	Ø214±1,45
	Точити начорно	12,5	14	1150	10	Ø204 _{-1,15}
	Точити півчисто	6,3	10	185	2,0	Ø202 _{-0,185}
	Точити начисто	3,2	8	72	1,4	Ø200,6 _{-0,072}
	Точити тонко	1,6	6	29	0,6	Ø200 _{+0,033} _{+0,004}
8 320	Заготовка	25	16	3200	13,5	306,5±1,6
	Точити торець	12,5	14	1300	13,5	320 _{-1,3}
9 Ø240	Заготовка	25	16	2900	22	Ø262±1,45
	Точити начорно	12,5	14	1150	18	Ø244 _{-1,15}
	Точити півчисто	6,3	10	185	2,0	Ø242 _{-0,185}
	Точити начисто	3,2	8	72	1,4	Ø240,6 _{-0,072}
	Точити тонко	1,6	6	29	0,6	Ø240 _{+0,060} _{+0,031}
10 275	Заготовка	25	16	3200	13,5	261,5±1,6
	Точити торець	12,5	14	1300	13,5	275 _{-1,3}
11 Ø280	Заготовка	25	16	3200	21	Ø301±1,6
	Точити начорно	12,5	14	1300	21	Ø280 _{-1,3}
12,14 40	Заготовка	25	16	1600	13,5	26,5±0,8
	Точити торець	12,5	14	620	13,5	40 _{-0,62}
13 Ø375	Заготовка	25	16	3600	27	Ø402±1,8
	Точити начорно	12,5	14	1400	27	Ø375 _{-1,4}

Продовження таблиці 2.18

1	2	3	4	5	6	7
15 Ø365	Заготовка	25	16	3600	21	Ø386±1,8
	Точити начорно	12,5	14	1400	17	Ø369 ^{-1,4}
	Точити півчисто	6,3	10	360	2,0	Ø367 ^{-0,36}
	Точити начисто	3,2	9	140	1,4	Ø365,6 ^{-0,14}
	Точити тонко	1,6	8	89	0,6	Ø365 ^{+0,524 +0,435}
17,18 50	Заготовка	-	-	-	-	-
	Фрезерувати паз	3,2	9	620	14	14 ^{-0,62}
19 M16-7H	Заготовка	-	-	-	-	-
	Свердлити	12,5	14	430	13	13 ^{-0,43}
	Зенкерувати	6,3	10	70	0,9	13,9 ^{-0,07}
	Нарізати різьбу	3,2	7H	18	-	M16-7H
20 40	Заготовка	-	-	-	-	-
	Фрезерувати паз	6,3	12	250	40	40 ^{+0,25}

Таблиця 2.19 – Ескізи операцій обробки деталі

№ операції	Назва операції, верстат, зміст переходів технологічної операції	Ескіз операції
1	2	3
005	Заготівельна	
010	Фрезерно-центрувальна МР75М 1.Установити, закріпити, зняти. 2.Фрезерувати торці в розмір 1. 3. Свердлити центрові отвори в розмір 2.	
015	Токарна (чорнова) 16K30 Установ А 1.Установити, закріпити, зняти. 2.Точити поверхню 2 в розмір 1. 3. Підрізати торець 1. 4.Точити поверхню 3. Установ Б 1.Переустановити деталь. 2.Точити поверхню 4 в розмір 10. 3.Підрізати торці	

	10,11,12,13,14,15. 4.Точити поверхню 5 в	
	розмір 11. 4. Точити поверхню 6 в розмір 12. 5. Точити поверхню 7 в розмір 13. 6. Точити поверхню 8 в розмір 14. 7. Точити поверхню 9 в розмір 15.	Установ Б
020	Токарна з ЧПК Рута 4100В. Установ А 1.Установити, закріпити, зняти 2.Точити поверхню 1 напівчисто. 3. Точити поверхню 1 начисто. 4.Точити фаску 2 Установ Б 1.Переустановити 2. Точити поверхні 3,4,5,6 напівчисто. 3. Точити канавку 7 в розмір 8. 4. Точити поверхні 4,5,6 чисто. 5. Точити поверхні 4,5,6 тонко. 6. Нарізати різьбу 3.	Установ А Установ Б
025	Горизонтально – розточна TOS Varnsdorf WRD 130 1.Установити, закріпити, зняти 2. Фрезерувати 2 торцевих пази в розмір 1 по діаметру 140. 3. Свердли 4 отвори під різьбу на глибину 2 4. Зенкувати 4 фаски в	

Таблиця 2.20 – Режими різання та норми часу																	
№ операції	1.Найменування операції 2.Модель верстату 3.Зміст переходів	Інструмент	Режими різання							Норми часу, хв.							
			D чи B,м м	L , м м	t, мм	S	V, м/хв	п, об/хв.	i	T ₀	T _д	T _{оп}	T _{обс} T _{выдп.}	T _{шт}	T _{шт-к}		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
010	Фрезерно-центрувальна МР75М																
	1 Встановити, закріпити, зняти		-	-	-	-	-	-	-	-	8						
	2.Фрезерувати торці в розмір 1	Фреза 2214-0007 ДСТУГОСТ 24359-80,	386	-	22,5	293,9	312	500	1	1,06	0,17						
	3 Свердлити центрові отвори в розмір 2.	Свердло 2317-0011 ДСТУГОСТ 14952-75	10	25	5	0,21	35,3	1125	1	0,21	0,17						
			Σ							1,27	8,34	9,61	0,67	10,28	10,29		
015	Токарно-гвинторізна (чорнова) 16K30																
	Установ А																
	1. Встановити, закріпити, зняти	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,5						
	2.Точити поверхню 2 в розмір 1.	Різець 2101-0013 ДСТУГОСТ 18879-73	369	325	8,5	0,63	83,46	72	3	21,69	0,17						

КНУ.КБР.131.26.1-02.02.ПТП

КНУ.КБР.131.26.1-02.02.ПТТ

		Продовження таблиці 2.20															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
		3.Підрізати торець 1.	Різець 2112-0057 ДСТУГОСТ 18880-73	375	3	2	0,91	141,37	120	1	0,08	0,17					
		4.Точити поверхню 3.	Різець 2101-0013 ДСТУГОСТ 18879-73	375	40	13,5	0,63	84,82	72	3	2,84	0,17					
		Установ Б 5.Переустановити деталь.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,5					
КНУ.КБР.131.26.1-02.02.ПТТ		6.Точити поверхню 4 в розмір10.	Різець 2102-0055 ДСТУГОСТ 166-80	140	40	11,5	0,63	87,92	200	3	1,02	0,17					
		7. Підрізати торець 10.	Різець 2102-0055ДСТУ ГОСТ 166-80	178	19	2	0,91	178,92	320	1	0,09	0,17					
		8.Точити поверхню 5 в розмір 11.	Різець 2102-0055 ДСТУГОСТ 166-80	178	90	13	0,63	89,42	160	3	2,76	0,17					
		9. Підрізати торець 11.	Різець 2102-0055 ДСТУГОСТ 166-80	184	3	2	0,91	184,97	320	1	0,03	0,17					
		10.Точити поверхню 6 в розмір 12.	Різець 2102-0055 ДСТУГОСТ 166-80	184	200	10	0,63	92,44	160	3	6,04	0,17					
		11.Підрізати торець 12.	Різець 2102-0055	204	10	2	0,91	205,08	320	1	0,06	0,17					

КНУ.КБР.131.26.1-02.02.ПТТ

		ДСТУГОСТ 166-80													
	12.Точити поверхню 7 в розмір 13.	Різець 2102-0055 ДСТУГОСТ 166-80	204	320	5	0,7	102,48	160	2	5,76	0,17				
	13.Підрізати торець 13.	Різець 2102-0055 ДСТУГОСТ	244	20	2	0,91	191,63	250	1	0,11	0,17				

Продовження таблиці 2.20

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
		166-80													
	14.Точити поверхню 8 в розмір 14.	Різець 2100-2191 ДСТУГОСТ 26611-85	244	275	9	0,63	91,98	120	3	11,03	0,17				
	15.Підрізати торець 14.	Різець 2102-0055 ДСТУГОСТ 166-80	280	18	2	0,91	219,91	250	1	0,1	0,17				
	16.Точити поверхню 9 в розмір 15.	Різець 2100-2191 ДСТУГОСТ 26611-85	280	105	10,5	0,63	87,92	100	3	13,223	0,17				
	17.Підрізати торець 15.	Різець 2102-0055 ДСТУГОСТ 166-80	373	47,5	2	0,91	141,37	120	1	0,48	0,17				
									Σ	65,313	19,55	84,863	5,94	90,803	90,815
020	Токарна з ЧПК Рута 4100В.														
	Установ А 1. Встановити,	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,5				

	закріпити, зняти														
	2.Точити поверхню1 напівчисто.	Різець 2103- 0717 ДСТУГОСТ 20872-80	367	32 5	1	0,32 9	138,35	120	1	8,38	0,17				
	3.Точити поверхню1 начисто.	Різець 2103- 0717 ДСТУГОСТ 20872-80	365	32 5	1	0,32 9	137,61	120	1	8,38	0,17				
	Установ Б 4.Переустановити деталь	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,5				
	5.Точити поверхні 2,3,4,5 напівчисто.	Різець 2102- 0055 Т5К10 ДСТУГОСТ 166-80	175	70	1,5	0,32 9	175,92	320	2	1,44	0,17				
			182	20 0	1	0,32 9	182,96	320	1	1,95	0,17				
			202	32 0	1	0,32 9	203,07	320	1	3,09	0,17				
			242	26 0	1	0,32 9	190,06	250	1	3,23	0,17				

Продовження таблиці 2.20

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	6.Точити канавку 6 в розмір 7.	Різець 2100- 2191 ДСТУГОСТ 26611-85	156,8	20	11,6	0,65 8	123,15	250	3	0,42	0,17				
	7.Точити поверхні 3,4,5 чисто.	Різець 2103- 0717 ДСТУГОСТ 20872-80	180,6	20 0	0,8	0,32 9	181,55	320	1	1,96	0,17				
			200,6	32 0	0,8	0,32 9	201,66	320	1	3,09	0,17				
			240,6	26 0	0,8	0,32 9	188,96	250	1	3,23	0,17				
	8.Точити поверхні	Різець 2103-	180	20	0,3	0,02	361,91	640	1	11,49	0,17				

	3,4,5 тонко	0717 ДСТУГОСТ 20872-80		0		8									
			200	32 0	0,3	0,02 8	402,12	640	1	18,19	0,17				
			240	26 0	0,3	0,02 8	361,91	480	1	19,79	0,17				
	9.Нарізати різьбу 2	Різець 2664- 0518 ДСТУГОСТ 18876 – 73	175	70	16	0,32 9	175,92	320	1	0,66	0,17				
									Σ	85,3	19,38	104,68	7,328	112,01	112,0 2
025	Горизонтально- розточувальна TOS Varnsdorf WRD 130														
	1 Встановити, закріпити, зняти	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8				
	2.Фрезерувати 2 торцевих пази в розмір 1 по діаметру 140	Фреза шпоночна d=40мм 2235- 0127 ДСТУГОСТ 9140-78	40	14 0	40	0,2	28,2	500	2	2,8	0,17				
	3.Свердлити 4 отвори під різьбу на глибину 2	Свердло спіральне d =14 мм 2301- 0020 ДСТУГОСТ 10903-77	14	45	7	0,2	35,18	800	4	1,2	0,17				
	4.Зенкувати фаски в розмір 3	Зенківка 2353- 0136 ДСТУГОСТ 14953-80	14,9	2	2	0,2	35,18	800	4	0,3	0,17				

Продовження таблиці 2.20

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	5.Нарізати різьбу М16 в 4 отворах в розмір 4 на глибину 5.	Мітчик М16 2620-2597 ДСТУГОСТ 3266-81	16	40	2	2	19,78	315	4	0,254	0,17				
									Σ	4,554	8,68	13,234	0,926	14,16	14,17 2
030	Вертикально – фрезерна 6P13														
	1 Встановити, закріпити, зняти	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8				
	2.Фрезерувати 2 шпоночні пази в розміри 1,2 і 3,4 з переустановом на кут 120° витримуючи розмір 26h11	Фреза шпоночна d=50мм 2235-0043 ТУ2-035-858-82	50	260	14	0,2	18,84	500	2	5,2	0,17				
									Σ	5,2	8,17	13,37	0,07	13,44	13,45 2

3 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ В СЕРЕДОВИЩІ FEATURECAM

Опції постпроцесора наведені на рисунку 3.1. Положення зміни інструменту задаємо виходячи з габаритів деталі: найбільший діаметр цапфи складає 375 мм, тому задаємо положення по вісі X з запасом — 450 мм. Обираємо метричну систему та крок блоку задаємо 10 для простішого сприйняття нумерації кадрів і швидшої орієнтації в тексті КП.

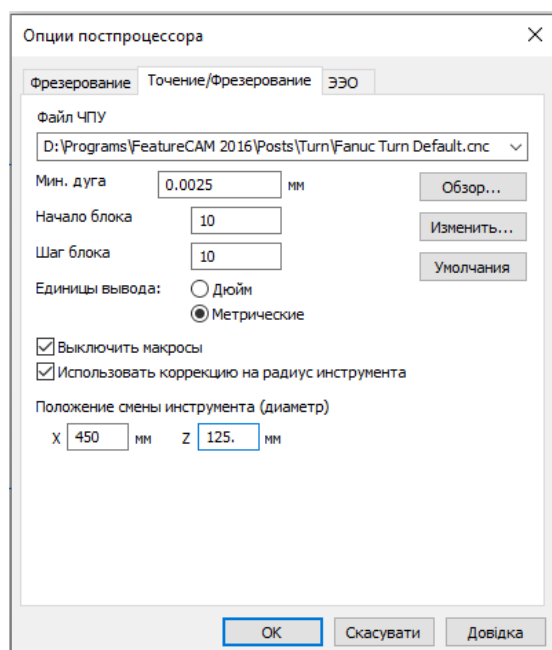


Рисунок 3.1 – Опції постпроцесора

3.2 Моделювання обробки та перевірка керуючих програм

Заготовкою цапфи є поковка, розміри якої визначаємо виходячи з припусків на механічну обробку. Призначаємо припуск на максимальний діаметр (375 мм) 15 мм, на торці – 15 мм сумарно. Звідки розміри заготовки: Ø390 мм, L = 1410 мм.

Імпортуємо в проєкт модель деталі для пришвидшення розробки керуючої програми за рахунок автоматизації створення керуючих кривих та елементів. Результат наведено на рисунку 3.2.

					КНУ.КБР.131.26.1-02.03.МПО			
Змін	Анкв	№	Підпис	Лат				
Розроб	Волошин				МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ		Лім	Анк
Перевір	Кіянковський							Анкв
Н контр	Нечипор						Кафедра ТМ	
Затверд	Рязанцев							

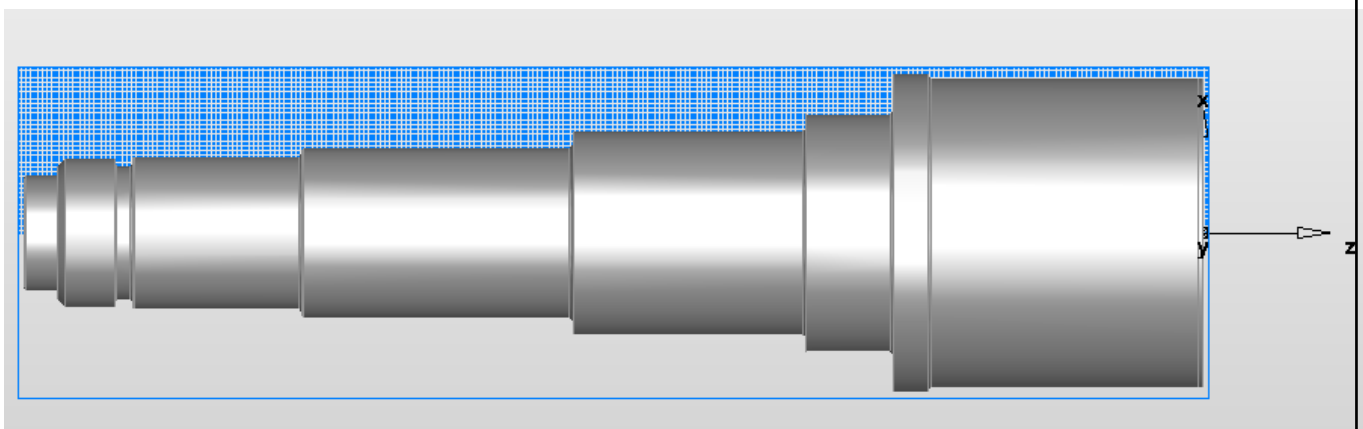


Рисунок 3.2 – Імпорт деталі у Autodesk FeatureCAM

На першому установі обробляємо найбільший діаметр для забезпечення максимальної жорсткості системи ВПД протягом виконання токарної операції.

Розробляємо операції першого установка:

- 1) підрізання торця (припуск 8 мм);
- 2) точіння зовнішніх циліндричних поверхонь діаметрами 365, 375 мм з підрізанням фаски.

Найточніший квалітет деталі — IT6, найменша шорсткість — Ra 1,6. Отже, точність та якість зовнішніх оброблюваних поверхонь дозволяють їх виконати чистовим точінням, тому у параметрах операцій додаємо чистові проходи.

Криві для зовнішнього обточування та канавки зображено на рисунку 3.3, результат обробки – на рис. 3.4, траєкторії переміщень інструментів – рис. 3.5.

Для виконання операції повздовжнього точіння скористуємось токарним циклом багатопрохідного обточування G71. Це дозволить скоротити кількість кадрів в КП та спростити її аналіз і редагування. У кривій для зовнішнього обточування передбачаємо відхід по X на 1 мм від поверхні для коректного створення циклу багатопрохідного зовнішнього обточування G71. У параметрах операції задаємо початкову точку циклу, залишаємо припуск на чистовий прохід 0,5 мм, глибину різання задаємо 5 мм.

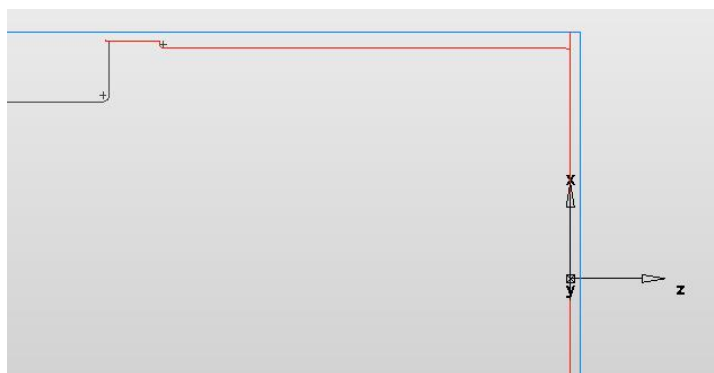


Рисунок 3.3 – Криві для обробки на першому установі

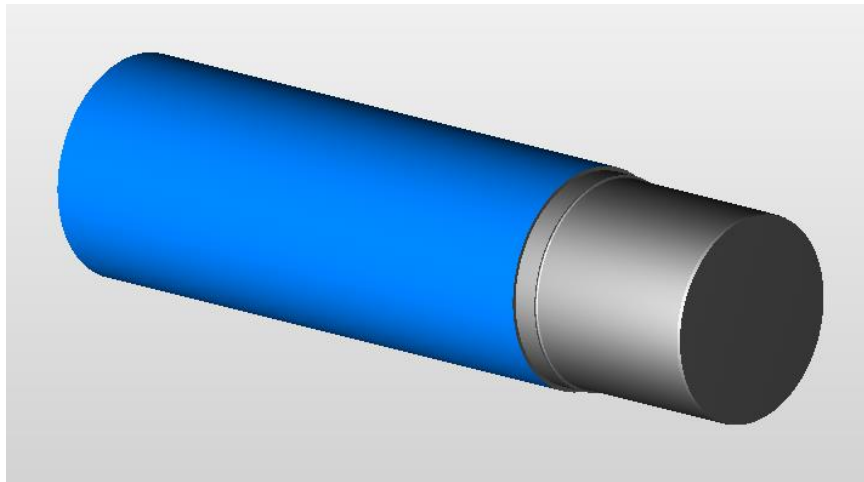


Рисунок 3.4 – Результат обробки першого установа

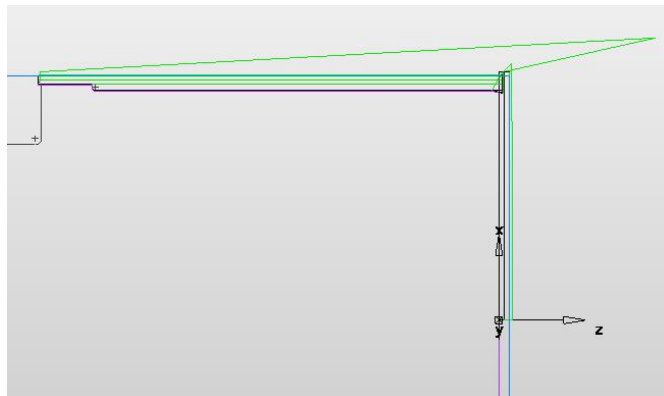


Рисунок 3.5 – Траєкторії переміщень інструментів на першому установі

Розробляємо операції другого установа:

- 1) підрізання торця (припуск 7 мм);
 - 2) точіння зовнішніх поверхонь діаметрами 140, 180, 200, 240, 280 мм з підрізанням фасок;
 - 3) прорізання канавки діаметром 156,8 мм, шириною 20 мм.
- Криві для обробки наведені на рисунку 3.6.



Рисунок 3.6 – Криві для точіння на другому установі

Результат обробки другого установа наведено на рис. 3.7, траєкторії переміщень інструментів – рис. 3.8, перелік створених операцій з режимами різання – рис. 3.9.

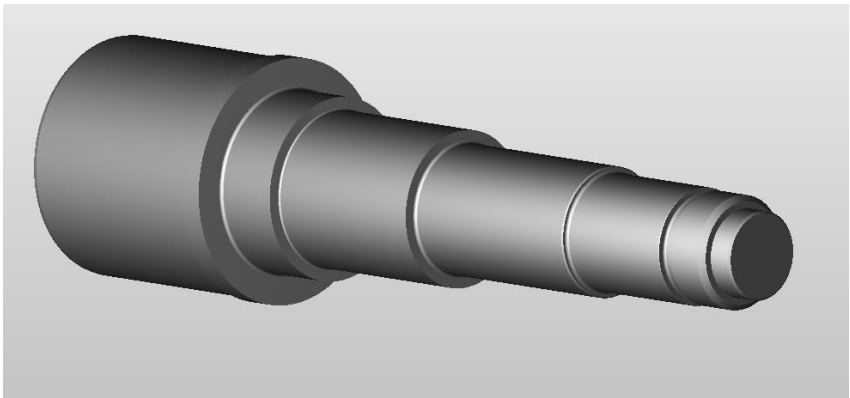


Рисунок 3.7 – Результат обробки другого установа

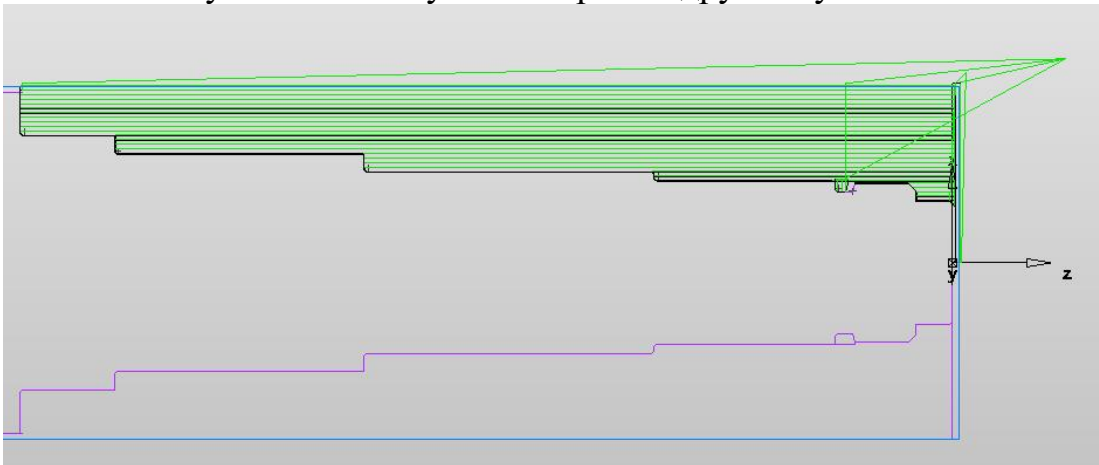


Рисунок 3.8 – Траєкторії переміщень інструментів на другому установі

Операция	Элемент	Инструмент	Подача	Скорость	Глубина
черн. проход 1	торец1	SW_Tum_80...	0.381 мм/об	171 м/мин	ЧС 195.000 мм
черн. проход 1	точение1	SW_Tum_80...	0.381 мм/об	171 м/мин	ЧС 7.058 мм
чист.	точение1	* SW_Tum_80...	0.152 мм/об	247 м/мин	ЧС 7.058 мм
с_остановом	с_остановом1				
черн. проход 1	торец2	SW_Tum_80...	0.381 мм/об	171 м/мин	ЧС 195.000 мм
черн. проход 1	точение2	SW_Tum_80...	0.381 мм/об	171 м/мин	ЧС 123.500 мм
чист.	точение2	* SW_Tum_80...	0.152 мм/об	247 м/мин	ЧС 123.500 мм
черн. проход 1	канавка1	* SW_Grv_10m...	0.381 мм/об	171 м/мин	ЧС 11.247 мм

Рисунок 3.9 – Перелік створених операцій

Розробимо симуляцію обробки на верстаті – на рис. 3.10, 3.11.

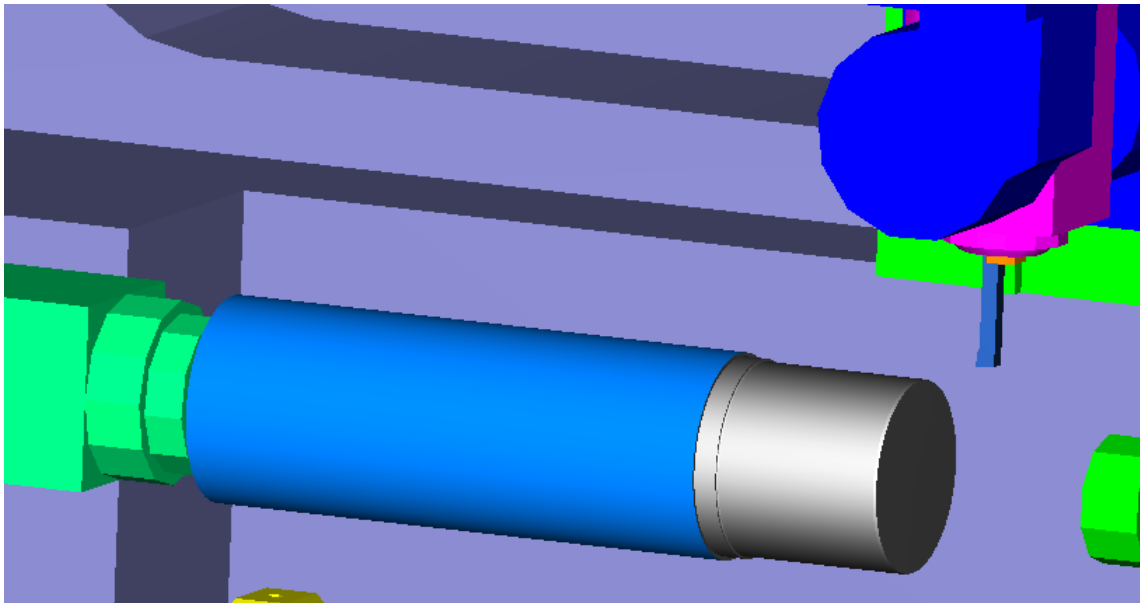


Рисунок 3.10 – Симуляція обробки на верстаті першого установа

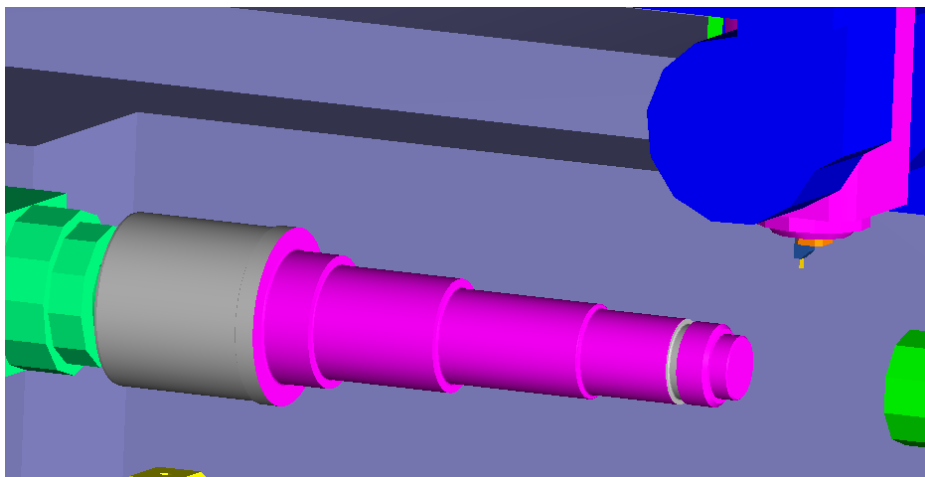


Рисунок 3.11 – Симуляція обробки на верстаті другого установа

Після моделювання обробки генеруємо керуючу програму, фрагмент якої наведено на рис. 3.12. Загальна кількість кадрів – 119. Машинний час обробки – 5 год 33 хв.

```

%
O0001( Capfa)
N30 G21 G40
N40 G28 U0 G28 W0
( OPERATION: ROUGH FACE )
N70 T101
N80 G50 S3000
N90 G96 S170 M3
N100 G0 X396.0 Z4.0 M8
N110 G1 X0. F0.381
N120 Z8.0
N130 X0.707 Z8.354
N140 G0 X396.0
N150 G1 Z0.
N160 X0.
N170 Z4.0
N180 X0.707 Z4.354
N190 G0 Z11.0
( OPERATION: ROUGH TURN )
N210 G0 X410.0 Z10.0
N220 G50 S3000
N230 G96 S170
N240 G0 X410.0 Z10.0 M8
N250 X396.0 Z3.0
N260 G71 U5.0 R0.5
N270 G71 P280 Q350 U1.0 W0.5 F0.381
N280 G1 X362.884 F0.152
N290 Z0.
N300 X365.0 Z-6.0
N310 Z-322.0
N320 G2 X371.0 Z-325.0 R3.0 F0.381
N330 G1 X375.0 |
N340 Z-368.0
N350 X377.0

```

Рисунок 3.12 – Фрагмент згенерованої керуючої програми

Додатково перевіримо створену керуючу програму у програмному забезпеченні CIMCO Edit. Траєкторії переміщень інструментів першого установу наведено на рис. 3.13, другого – 3.14, твердотільна верифікація – 3.15.



Рисунок 3.13 – Траєкторії переміщень інструментів першого установу у CIMCO Edit

```

1 ( Z UST )
2 ( OPERATION: ROUGH FACE )
3 N440 G0 Z4.05
4 N450 G50 S3000
5 N460 G96 S170
6 N470 G0 X396.0 Z4.05 M8
7 N480 G1 X0. F0.381
8 N490 Z8.0
9 N500 X0.707 Z8.354
10 N510 G0 X396.0
11 N520 G1 Z0.1
12 N530 X0.
13 N540 Z4.05
14 N550 X0.707 Z4.404
15 N560 G0 Z10.0
16 ( OPERATION: ROUGH TURN )
17 N580 G0 X420.0 Z15.0
18 N590 G50 S3000
19 N600 G96 S170
20 N610 G0 X420.0 Z15.0 M8
21 N620 X396.0 Z3.0
22 N630 G71 U5.0 R0.5
23 N640 G71 P650 Q870 U1.0 W0.5 F0.381
24 N650 G1 X130.0 F0.152
25 N660 Z0.
26 N670 X136.0 Z-3.0
27 N680 Z-40.0
28 N690 X157.0
29 N700 X175.0 Z-49.0
30 N710 Z-107.562
31 N720 X179.295
32 N730 Z-130.0
33 N740 X180.0 Z-132.0
34 N750 Z-325.0
35 N760 G2 X190.0 Z-330.0 R5.0 F0.381
36 N770 G1 X196.0
37 N780 X200.0 Z-332.0
38 N790 Z-645.0
39 N800 G2 X210.0 Z-650.0 R5.0
40 N810 G1 X240.0
41 N820 Z-922.0
42 N830 G2 X246.0 Z-925.0 R3.0

```

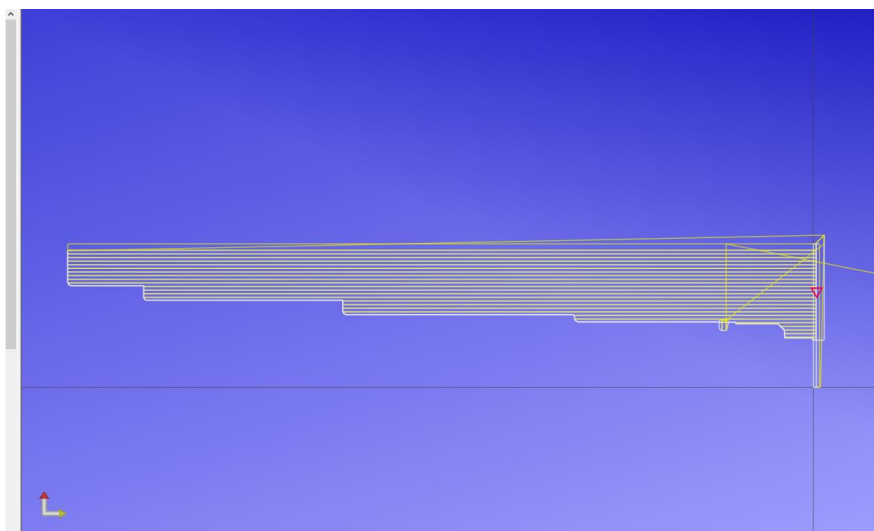


Рисунок 3.14 – Траєкторії переміщень інструментів другого установа у CIMCO Edit

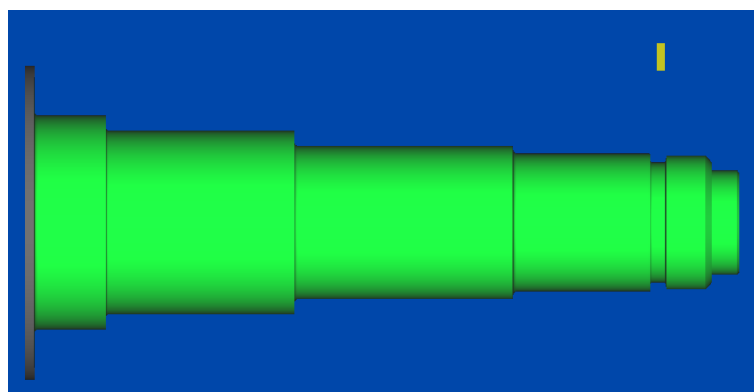


Рисунок 3.15 – Твердотільна верифікація обробки другого установа у CIMCO Edit

ПОВНИЙ ТЕКСТ КП

% O0001(Capfa) N30 G21 G40 N40 G28 U0 G28 W0 (OPERATION: ROUGH FACE) N70 T101 N80 G50 S3000 N90 G96 S170 M3 N100 G0 X396.0 Z4.0 M8 N110 G1 X0. F0.381 N120 Z8.0 N130 X0.707 Z8.354 N140 G0 X396.0 N150 G1 Z0. N160 X0. N170 Z4.0 N180 X0.707 Z4.354	(OPERATION: ROUGH FACE) N440 G0 Z4.05 N450 G50 S3000 N460 G96 S170 N470 G0 X396.0 Z4.05 M8 N480 G1 X0. F0.381 N490 Z8.0 N500 X0.707 Z8.354 N510 G0 X396.0 N520 G1 Z0.1 N530 X0. N540 Z4.05 N550 X0.707 Z4.404 N560 G0 Z10.0 (OPERATION: ROUGH TURN) N580 G0 X420.0 Z15.0 N590 G50 S3000	N730 Z-130.0 N740 X180.0 Z-132.0 N750 Z-325.0 N760 G2 X190.0 Z-330.0 R5.0 F0.381 N770 G1 X196.0 N780 X200.0 Z-332.0 N790 Z-645.0 N800 G2 X210.0 Z-650.0 R5.0 N810 G1 X240.0 N820 Z-922.0 N830 G2 X246.0 Z-925.0 R3.0 N840 G1 X280.0 N850 Z-1025.0 N860 G2 X290.0 Z-1030.0 R5.0 N870 G1 X377.0 N730 Z-130.0 N740 X180.0 Z-132.0
--	---	--

КНУ.КБР.131.26.1-02.03.МПО

N190 G0 Z11.0 (OPERATION: ROUGH TURN) N210 G0 X410.0 Z10.0 N220 G50 S3000 N230 G96 S170 N240 G0 X410.0 Z10.0 M8 N250 X396.0 Z3.0 N260 G71 U5.0 R0.5 N270 G71 P280 Q350 U1.0 W0.5 F0.381 N280 G1 X362.884 F0.152 N290 Z0. N300 X365.0 Z-6.0 N310 Z-322.0 N320 G2 X371.0 Z-325.0 R3.0 F0.381 N330 G1 X375.0 N340 Z-368.0 N350 X377.0 (OPERATION: FINISH TURN) N370 G0 X410.0 Z10.0 N380 G50 S3000 N390 G96 S246 N400 G0 X410.0 Z10.0 M8 N410 G70 P280 Q350 N420 G0 X396.0 N430 M01 (2 UST)	N600 G96 S170	N750 Z-325.0 (OPERATION: FINISH TURN) N890 G0 X420.0 Z15.0 N900 G50 S3000 N910 G96 S246 N920 G0 X420.0 Z15.0 M8 N930 G70 P650 Q870 N940 G0 X396.0 N950 G28 U0 W125.0 (OPERATION: ROUGH GROOVE: OUTER)
	N610 G0 X420.0 Z15.0 M8 N620 X396.0 Z3.0 N630 G71 U5.0 R0.5 N640 G71 P650 Q870 U1.0 W0.5 F0.381 N650 G1 X130.0 F0.152 N660 Z0. N670 X136.0 Z-3.0 N680 Z-40.0 N690 X157.0 N700 X175.0 Z-49.0 N710 Z-107.562 N720 X179.295 N760 G2 X190.0 Z-330.0 R5.0 F0.381 N770 G1 X196.0 N780 X200.0 Z-332.0 N790 Z-645.0 N800 G2 X210.0 Z-650.0 R5.0 N810 G1 X240.0 N820 Z-922.0 N830 G2 X246.0 Z-925.0 R3.0 N840 G1 X280.0 N850 Z-1025.0 N860 G2 X290.0 Z-1030.0 R5.0 N870 G1 X377.0	N980 T202 N990 G50 S3000 N1000 G96 S170 M3 N1010 G0 X185.295 Z-120.384 M8 N1020 G1 X156.8 F0.381 N1030 G0 X185.295 N1040 Z-126.0 N1050 G1 X156.8 N1060 G0 X185.295 N1070 Z-117.562 N1080 X181.0 N1090 G1 X175.0 N1100 X157.541 Z-119.901 N1110 G2 X156.8 Z-120.384 R0.5 N1120 G0 X185.295 N1130 Z-130.0 N1140 G1 X164.8 N1150 G3 X156.8 Z-126.0 R4.0 N1160 G1 Z-120.384 N1170 G0 X396.0 N1180 G28 U0 W0 N1190 M30 %
	КНУ.КБР.131.26.1-02.03.МПО	

4 ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ТА КОНТРОЛЬНОГО ПРИСТОСУВАНЬ

4.1 Проектування технологічного оснащення

Схему просторової орієнтації та базування деталі на робочому столі верстата наведено на рисунку 4.1. Технологічна фіксація заготовки у процесі обробки здійснюється у двох призматичних опорах (призмах) із застосуванням механічних прихватів, що забезпечує стабільність її положення та необхідне зусилля затиску. Усі конструктивні елементи верстатного пристосування змонтовані на базі поворотного стола, який жорстко закріплений на основному робочому столі верстата за допомогою чотирьох нарізних болтів.

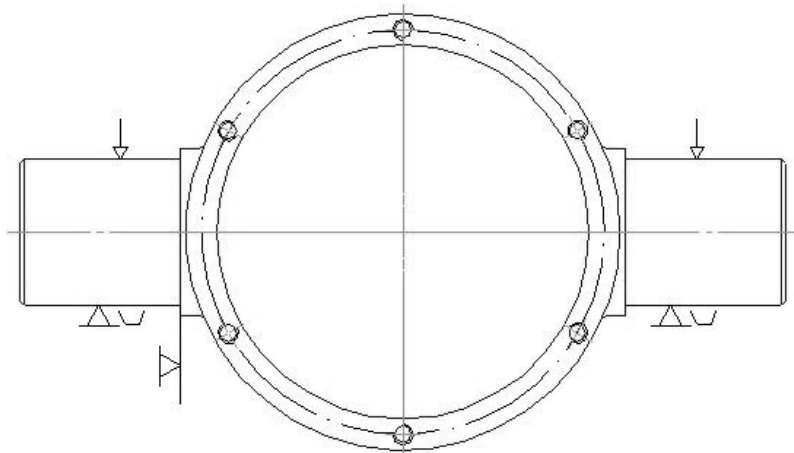


Рисунок 4.1 – Схема базування деталі на столі верстату

4.2 Розрахунок похибки базування

Похибку базування визначаємо відповідно розробленій схемі базування та відповідно схемі установки.

Похибку базування визначаємо за формулою [2]:

$$\varepsilon_s = (0,5IT_D) / \sin \alpha, \text{ мм} \quad (4.1)$$

де IT_D - допуск на діаметр зовнішньої поверхні, мм.

Для поверхні діаметром 140h8 $IT_D = 0,063$ мм.

$$\varepsilon_s = (0,5 \cdot 0,063) / \sin 45^\circ = 0,04 \text{ мм}$$

					КНУ.КБР.131.26.1-02.04.ВПКП							
Змін	Аркв	№	Підпис	Дат	ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ТА КОНТРОЛЬНОГО				Лім.		Арк.	Аркшів
Розроб.	Волошин											
Перевір.	Кіяновський											
Н. контр.	Нечаєв								Кафедра ТМ з ПМ-22			
Затверд	Рязанцев											

Визначення сили закріплення

Складаємо рівняння моментів:

$$\begin{aligned}\sum M_{кр} &= 0 \\ F_{тр1} \cdot 265 + F_{тр2} \cdot 265 \cdot \cos \varphi - k \cdot M_{кр} &= 0 \\ W &= \frac{1,5 \cdot 18,66}{1,5 \cdot 0,265 + 1,5 \cdot 0,265 \cdot \cos 45^\circ} = 42,08 \text{ (Н)}\end{aligned}$$

Складаємо рівняння проекції сил на вісь Y:

$$\begin{aligned}\sum P_0 &= 0 \\ P_0 - F_{тр1} - F_{тр2} \cdot \cos \varphi &= 0 \\ W \cdot f_1 - W \cdot f_2 \cdot \cos \varphi &= P_0 \\ W &= \frac{3085,73}{0,15 + 0,15 \cdot \cos 45^\circ} = 12050 \text{ (Н)}\end{aligned}$$

У подальших розрахунках використовуємо максимальне значення $W = 12050 \text{ Н}$.

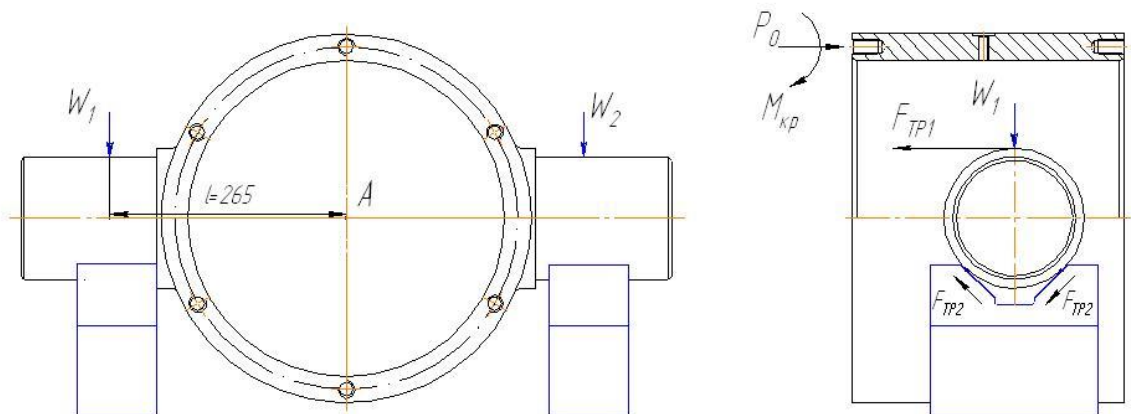


Рисунок 4.1 – Схема сил різання та реактивних сил

4.4 Вибір конструкції затискного механізму

За даною схемою закріплення та умовою розробки, вибираємо ручний затиск – комбінованим прихват.

По потрібній силі затиску W та допустимим навантаженням визначаємо номінальний діаметр d гвинта [8]:

$$W = 0,64 \cdot \pi d^2 / 4 \cdot \sigma = 0,5 d^2 \sigma, \text{ Н} \quad (4.2)$$

де σ – допустиме навантаження розтягу матеріалу гвинта ($\sigma \approx 80 \text{ МПа}$)

$$d = \sqrt{\frac{W}{0,5 \cdot \sigma}}, \text{ см} \quad (4.3)$$

$$d = \sqrt{\frac{12050}{0,5 \cdot 800}} = 2,48 \text{ (см)}$$

Приймаємо гвинт М30.

На рисунку 4.2 приведена схема затиску деталі комбінованим прихватом.

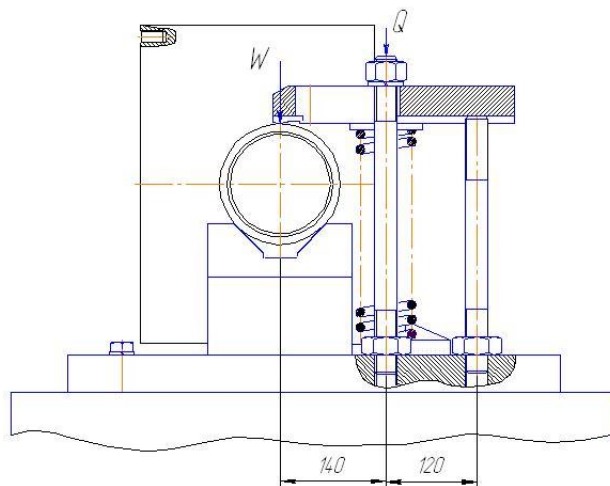


Рисунок 4.2 – Схема затиску комбінованим прихватом

Силу затиску визначаємо за формулою [8]:

$$Q = \frac{W \cdot (l_1 + l_2)}{l_1 \cdot \eta} \quad (4.4)$$

η - к.к.д., що враховує втрати на тертя між притискним важелем та його опорою ($\eta \approx 0,95$).

$$Q = \frac{12050 \cdot (120 + 140)}{120 \cdot 0,95} = 27482,5 \text{ Н}$$

4.5 Вибір встановлення і визначення похибки розташування пристрою на верстаті

Встановлення пристрою на столі багатоцільового верстату здійснюємо гвинтовим з'єднанням. Для орієнтації пристрою відносно нульової точки базуємо пристрій на палеті з сіткою координатно – фіксуючих отворів по трьом штирям, які встановлені в отворах плити.

					КНУ.КБР.131.26.1-02.04.ПВКП	

4.6 Розрахунок на точність верстатного пристрою

Сумарна похибка пристрою розраховується за формулою [2]:

$$\delta_{\Sigma} = K \sqrt{\delta_{\delta}^2 + \delta_{p.n}^2 + \delta_{n.p}^2 + \delta_z^2 + \delta_{zn}^2} \quad (4.5)$$

де K – коефіцієнт, що враховує відхилення розсіювання значень складових величин від закону нормального розподілу ($K = 1,1 \dots 1,2$);

δ_{δ} – похибка базування заготовки у верстатному пристрої, мм;

$\delta_{p.n}$ – похибка розташування пристрою на металорізальному верстаті, мм;

δ_z – похибка закріплення заготовки в пристрої, мм;

δ_{zn} – похибка зносу елементів верстатного пристрою, мм;

$\delta_{n.p}$ – похибка взаємного розташування у верстатному пристрої опорних елементів з посадочною поверхнею пристрою, мм.

Похибка базування заготовки у верстатному пристрої $\delta_{\delta} = 0,04$ мм.

Похибка взаємного розташування у верстатному пристрої опорних елементів з посадочною поверхнею пристрою:

$$\delta_{n.p} = T_{\text{призм}} + T_{\text{плити}} = 0,03 + 0,039 = 0,069 \text{ мм.}$$

Похибка розташування пристрою на металорізальному верстаті

$$\delta_{p.n} = T_d = 0,016 \text{ мм.}$$

Похибка закріплення $\delta_z = 0,01$ мм.

Похибкою зносу елементів верстатного пристрою нехтуємо $\delta_{zn} = 0$.

Похибка закріплення $\delta_z = 0,01$ мм.

Похибкою зносу елементів верстатного пристрою нехтуємо $\delta_{zn} = 0$.

$$\delta_{\Sigma} = 1,1 \sqrt{0,04^2 + 0,069^2 + 0,039^2 + 0,01^2} = 0,09 \text{ (мм)}$$

$$\delta_{\Sigma} \leq 1/3T \quad (4.6)$$

$$0,09 \text{ мм} \leq 1/3 \cdot 0,43 \text{ мм}$$

$$0,09 \text{ мм} < 0,14 \text{ мм}$$

4.2 Проектування контрольного пристрою

Для забезпечення стабільної якості виготовлення деталі «Цапфа» розроблено спеціальну конструкцію контрольно-вимірювального пристосування. Основним призначенням даного метрологічного пристрою є комплексний контроль радіального биття трьох співвісних циліндричних поверхонь відносно спільної конструкторської бази Г.

					КНУ.КБР.131.26.1-02.04.ПВКП	

Згідно з технічними вимогами робочого креслення, інструментальному контролю підлягають такі геометричні параметри:

- радіальне биття поверхні $\varnothing 240$ мм відносно бази Г – не більше ніж 0,2 мм;
- радіальне биття поверхні $\varnothing 200$ мм відносно бази Г – не більше ніж 0,2 мм;
- радіальне биття поверхні $\varnothing 180$ мм відносно бази Г – не більше ніж 0,2 мм.

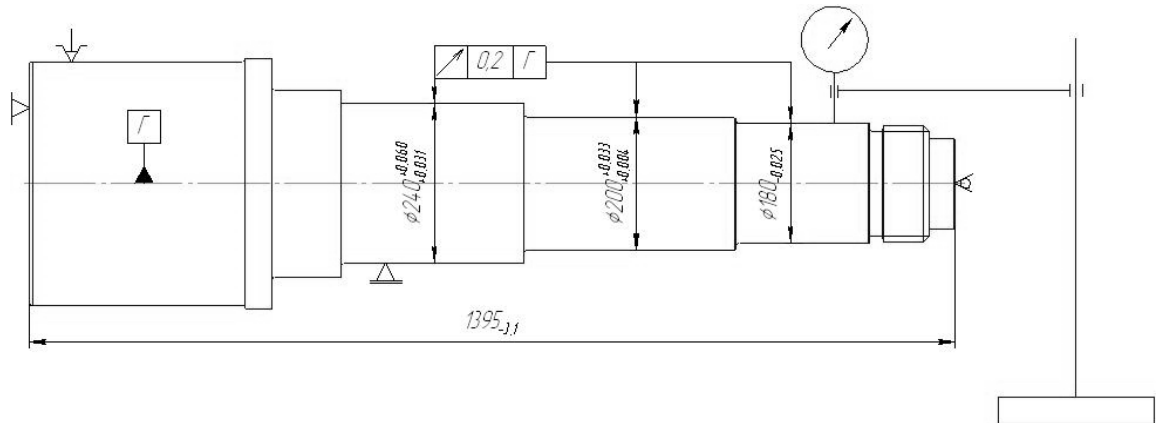
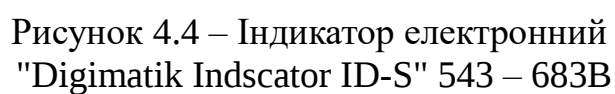


Рисунок 4.3 - Схема базування деталі при виконанні контролю

Вибір установчих та опорних елементів контрольно-вимірювального пристосування виконано у суворій відповідності до розробленої схеми базування, а також з урахуванням масогабаритних і конструктивних параметрів цапфи. Для забезпечення точної орієнтації та базування деталі під час контролю до складу установчих елементів пристрою включено трикулачковий патрон та обертовий задній центр. Таке конструктивне рішення дозволяє імітувати робоче положення вала в центрах та виключає похибку базування.

Вибір засобів вимірювальної техніки (ЗВТ) здійснюється на основі метрологічних принципів залежно від заданого допуску контрольованої величини. Для надійного вимірювання радіального биття з допуском не більше 0,2 мм, ціна поділки шкали вимірювального приладу має забезпечувати необхідний запас точності, який за правилами метрології повинен бути щонайменше на порядок вищим за контрольовану величину. Відповідно, прилад повинен мати ціну поділки не більше 0,01 мм.

Як основний вимірювальний засіб у проєкті обрано високоточний індикатор годинникового (важільно-зубчастого) типу Mitutoyo серії «SIGNAL-HEAD» моделі 524-601 (рисунок 4.4), який повністю відповідає встановленим вимогам за точністю, стабільністю показань та метрологічною надійністю.



- Діапазон вимірювання: $\pm 12,7$ мм;
- Точність: 0,00012 мм;
- Границя похибки: ± 1 мкм;
- Стрижень: D8 h6;
- Вільний хід: 3 мм;
- Вимірювальне зусилля: 1.2 Н;
- Маса 140 г.

Рисунок 4.5 – Загальна компоновка контрольного пристрою

КНУ.КБР.131.26.1-02.04.ПВКП

Вимірювання починаються з того, що попередньо стрілку індикатора налаштовують на позначці шкали індикатора на нуль.

Вимір здійснюється у декількох місцях по поверхні деталі, яка дає можливість зафіксувати відхилення стрілки вимірювання.

Допустима похибка контролю знаходиться за формулою [8]:

$$[\Delta] = (0,08 \div 0,3)T, \text{ мм} \quad (4.7)$$

де $[\Delta]$ – допустима похибка вимірювання;

T – допуск на вимірювальний розмір, $T = 0,2$ мм.

$$[\Delta] = 0,3 \cdot 0,04 = 0,012 \text{ мм}.$$

Визначаємо сумарну похибку вимірювання, за формулою (8.13):

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{\text{л.р.}} + \Delta_{\text{п.п.}} + \Delta_{\text{у.е.}} + \sqrt{\Delta_{\delta}^2 + \Delta_{\text{деф}}^2 + \Delta_{\text{вип}}^2 + \Delta_z^2 + \Delta_{\text{інд.}}^2}, \text{ мм} \quad (4.8)$$

де $\Delta_{\text{л.р.}}$ – похибка лінійних розмірів, мм;

$\Delta_{\text{п.п.}}$ – похибка передаючих пристроїв, мм;

$\Delta_{\text{у.е.}}$ – похибка виготовлення установчих елементів, мм;

Δ_{δ} – похибка базування, мм;

$\Delta_{\text{деф}}$ – похибка, яка визначається деформацією деталі, мм;

$\Delta_{\text{вип}}$ – випадкові похибки, мм;

$$\Delta_{\text{вип}} = 0,05 \cdot T = 0,05 \cdot 0,2 = 0,001 (\text{мм})$$

Δ_z – похибка закріплення, мм;

$\Delta_{\text{інд.}}$ – похибка індикатора, мм. $\Delta_{\text{інд.}} = 0,01$ мм.

Остаточно формула буде мати вигляд:

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{\text{у.е.}} + \sqrt{\Delta_{\text{вип}}^2 + \Delta_{\text{інд.}}^2}, \text{ мм} \quad (4.9)$$

$$\Delta_{\text{у.е.}} = \Delta_{\Sigma} - \sqrt{\Delta_{\text{вип}}^2 + \Delta_{\text{інд.}}^2}, \text{ мм} \quad (4.10)$$

$$\Delta_{\text{у.е.}} = 0,06 - \sqrt{0,001^2 + 0,0012^2} = 0,05 \text{ мм}$$

Допустима похибка виготовлення установчих елементів 0,05 мм. Вона включає в себе мінімальні зазори в з'єднанні шпиндель – перехідний фланець – патрон і співвісність передньої та задньої бабки.

					КНУ.КБР.131.26.1-02.04.ПВКП	

5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА

5.1 Техніко-економічне обґрунтування маршруту технологічного процесу

Дані	Базовий варіант				Новий варіант
	16К30	16К30	16К30	4-ий верстат	Рута 4100В.
Деталі					
Річний обсяг випуску деталей N , шт.	200				200
Кількість запусків партій деталей в рік, шт.	12				12
Тривалість випуску деталей Z , років	3				3
Штучний час обробки деталі $t_{шт}$, хв.	240	240	240		112,02
Час наладки верстата, хв.	102	102	102		59,6
Розряд: контролера верстатника наладчика наладчика інструменту	5				5
	4	3	3		2
	3	3	3		5
					4
Кількість кадрів програми, шт.					250
Вартість заготовки $S_{заг}$, грн.	5376,17				5376,17

Середній період стійкості інструменту, хв.	60	60	60		90
Середня кількість граней пластинки, шт.	1	1	1		3
Коефіцієнт, що враховує питому вагу основного часу в штучному K_T	0,083	0,083	0,083	0	0,2
Вартість одного кадру ПК, грн.					12
Вартість розробки ПК $K_{ПК}$, грн.					2650
Середньочасова зарплата робітника, грн:					
верстатника $H_{ст}$	33,6	32,3	32,3		30,1
наладчика $H_{нал}$	33,6	28,2	33,6		34,3
наладчика інструмента $H_{ін}$		31,1			
контролера $H_{к}$	29,8				29,8

					КНУ.КБР.131.26.1-02.05.ОЕП		
Змін	Архв	№	Підпис	Дат	ОРГАНІЗАЦІЙНО_ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА		
Розроб.	Волошин						
Перевір.	Кіянєвський						
Н. контр.	Нечаєв						
Затверд.	Рязанцев						
					Літ.	Арк.	Архивів
					Кафедра ТМ з ПМ-22		

Верстати					
Клас точності верстата	Н	Н	Н		А
Маса верстата, т	30	36,35	39,15		50
Габарити верстата (довжина x ширина), м.	5,495 x 4,55	5,495 x 4,55	5,495 x 4,55		9,4 x 6,4
Габарити пристрою ЧПК, м					0,5 x 0,5
Тип пристрою ЧПК					FANUC 0iMF
Строк служби верстата до капітального ремонту T_{pc} , років	7	7	7		15
Встановлена потужність всіх електродвигунів головного руху, кВт	28	28	28		50
Категорія складності ремонту верстата ЕРС:					
механічної частини R_m	51	97	39		100
електротехнічної частини R_e	43	75	50		99

Кількість верстатів, що обслуговує один	1	1	1		3
Оптова ціна верстата Π , грн.	110000	110000	110000		4200000
Коефіцієнт завантаження верстата η_z	0,75	0,8	0,65		0,95
Площа верстата за габаритами A , м. кв.	25,0	48,7	51,4		60,0
Площа пристрою ЧПК A_y , м. кв.					0,25
Витрати на одну одиницю ЕРС верстата, грн.					
механічної частини H_m	401	329	401		272
електротехнічної частини H_e	86	71	86		60
Норматив річних витрат на поточне обслуговування та ремонт ПЧПК Q , грн.		8600			11950

					КНУ.КБР.131.26.1-02.05.ОЕП	

Норматив річних витрат на поточне обслуговування та ремонт ПЧПК Q, грн.		8600			11950
Коеф., що враховує додаткову площу верстата, γ	2	2	2	0	2
Коеф., що враховує клас точності верстата, μ	1	1	1	0	1,8
Ефективний річний фонд часу роботи верстата Φоб, год	3975	3975	3975	0	4015
Виробничі та інші площі					
Вартість 1 м. кв. площі механічної Цплзд., грн		500			500
Вартість 1 м. кв. площі, що займають службово-побутові приміщення Цсл. поб, грн		1000			1000

Площа службово-побутових приміщень, що приходяться на одного робочого Аб, м. кв.		7			7
Витрати на утримання та амортизаційні витрати на 1 м. кв. цеху Нпл, грн.	180	180	180	0	200

Розрахунок допоміжних показників					
Дані	Базовий варіант				Новий варіант
	16К30	16К30	16К30	4-ий верстат	Рума 4100В.
Трудомісткість обробки Тшт, год	800	800	800	0	373,4
Час наладки верстата впродовж року Тн, год	20,4	20,4	20,4	0	11,92
Час наладки інструмента поза верстатом впродовж року Тн.ін, год	0	0,00	0	0	0,00
Час контролю деталей впродовж року Тк, год	66,4	66,4	66,4	0	74,68
Кількість верстатників Рст, чел. (розрах.)	0,43	0,43	0,43	0,00	0,07
(дійсна)	1	1	1	0	1

					КНУ.КБР.131.26.1-02.05.ОЕП	

2. Зарплатня за наладку верстата I_n

$$I_n = N_{\text{нал. заг}} \cdot T_n$$

де $N_{\text{нал. заг}}$ – середньочасова зарплатня наладчиків з усіма нарахуваннями, грн;

T_n – час наладки верстата впродовж року, год

$$N_{\text{нал. заг}} = N_{\text{нал}} + Z_d + C_{\text{відр}} + C_{\text{спрем}}$$

де $N_{\text{нал}}$ – тарифна ставка наладчика, грн;

Z_d – додаткова заробітна платня, 8%

$C_{\text{відр}}$ – відрахування на соціальне страхування, 12%

$C_{\text{спрем}}$ – преміальні доплати, 30%

$$T_n = t_n \cdot j_p / 60$$

де t_n – час наладки верстата для обробки партії деталей, хв;

j_p – кількість запусків партій деталей за рік

Базовий варіант				Новий варіант			
16К30	$I_{\text{н}} =$	$N_{\text{нал}}$	$T_{\text{н}}$	Рута 4100В.	$I_{\text{н}} =$	$N_{\text{нал}}$	$T_{\text{н}}$
	1077,84	52,84	20,4		642,92	53,94	11,9
16К30	$I_{\text{н}} =$	$N_{\text{нал}}$	$T_{\text{н}}$	Всього $I_{\text{н}2}$	642,92		
	904,62	44,34	20,4				
16К30	$I_{\text{н}} =$	$N_{\text{нал}}$	$T_{\text{н}}$				
	1077,84	52,84	20,4				
4-ий верстат	$I_{\text{н}} =$	$N_{\text{нал}}$	$T_{\text{н}}$				
	0,00	0,00	0				
Всього $I_{\text{н}1}$	3060,30						

4. Витрати на підготовку та поновлення керуючої програми $I_{пк}$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

Базовий варіант				Новий варіант			
16К30	$I_{пк} =$	$K_{пк}$	Z	16К30	$I_{пк} =$	$K_{пк}$	Z
	0	0	200		0	0	3
4-ий верстат	$I_{пк} =$	$K_{пк}$	Z	16К30	$I_{пк} =$	$K_{пк}$	Z
	0	0	200		0,00	0	3
				Всього $I_{пк1}$	0,00		

7. Амортизаційні відрахування на повне відновлення обладнання I_a

$$I_a = K_6 \cdot A$$

де A – норма амортизаційних відрахувань на повне відновлення верстата, що приймається:

- для верстатів масою до 10 т, які оброблюють деталі металевими та абразивними інструментами, відповідно – 0,053 та 0,056;
- для верстатів масою вище 10 т – 0,04 та 0,042 відповідно

Базовий варіант				Новий варіант			
16К30	$I_a =$	K_6	A	Рута 4100В.	$I_a =$	K_6	A
	1331,90	33298	0,04		18668,71	466718	0,04
16К30	$I_a =$	K_6	A	Всього I_{a2}	18668,71		
	1248,66	31216	0,04				
16К30	$I_a =$	K_6	A				
	1536,81	38420	0,04				
4-ий верстат	$I_a =$	K_6	A				
	0,00	0	0				
Всього I_{a1}	4117,37						

8. Витрати на утримання приміщення, яке займає верстат $I_{ал}$

$$I_{ал} = H_{пл} \cdot (A + A_y) \cdot \gamma \cdot \beta$$

де $H_{пл}$ – вартість амортизації та утримання 1 м. кв. площі механічного цеху

- для верстатів класів точності Н та П – 180 грн
- для верстатів класів точності В та ОВ – 200 грн

Базовий варіант							Новий варіант					
16К30	$I_{пл} =$	$H_{пл}$	$(A + A_y)$	γ	β		Рута 4100В.	$I_{пл} =$	$H_{пл}$	$(A + A_y)$	γ	β
	2476,90	180	25,0023	0	2	0,28		2435	200	60	0,25	
16К30	$I_{пл} =$	$H_{пл}$	$(A + A_y)$	γ	β		Всього $I_{пл2}$	2434,61				
	4524,89	180	48,72	0	2	0,26						
6610	$I_{пл} =$	$H_{пл}$	$(A + A_y)$	γ	β							
	5870,92	180	51,3604	0	2	0,32						
4-ий верстат	$I_{пл} =$	$H_{пл}$	$(A + A_y)$	γ	β							
	0,00	0	0	0	0	0,00						
Всього $I_{пл1}$	12872,71											

КНУ.КБР.131.26.1-02.05.ОЕП

9. Витрати на амортизацію і утримання службово-побутових приміщень $I_{\text{сел}}$

$$I_{\text{сел}} = N_{\text{пл}} \cdot A_6 \cdot (P_{\text{ст}} + P_{\text{н}} + P_{\text{под}} + P_{\text{к}})$$

Базовий варіант						
$K_{\text{сел}} =$	$\Pi_{\text{пл.6}}$	A_6	$(P_{\text{ст}} + P_{\text{н}} + P_{\text{под}} + P_{\text{к}})$			
49000	1000	7	3	3	0	1
Всього $K_{\text{сел1}}$	49000					

Новий варіант						
$K_{\text{сел}} =$	$\Pi_{\text{пл.6}}$	A_6	$(P_{\text{ст}} + P_{\text{н}} + P_{\text{под}} + P_{\text{к}})$			
28000	1000	7	1	1	1	1
Всього $K_{\text{сел2}}$	28000					

11. Витрати на технічне обслуговування і ремонт ЧПК $I_{\text{у}}$

$$I_{\text{у}} = Q \cdot \beta$$

де Q – річні витрати при експлуатаванні у дві зміни і повній загрузці верста з ЧПК, грн

Базовий варіант			Новий варіант		
16K30	$I_{\text{у}} = Q \cdot \beta$		FOUR-STAR FD	$I_{\text{у}} = Q \cdot \beta$	
	0	0,28		1207,2	0,10
16K30	$I_{\text{у}} = Q \cdot \beta$		Всього $I_{\text{у2}}$	1207,2	
	2218,692	0,26			
6610	$I_{\text{у}} = Q \cdot \beta$				
	0	0,32			
4-ий верстат	$I_{\text{у}} = Q \cdot \beta$				
	0	0,00			
Всього $I_{\text{у1}}$	2218,7				

12. Зарплатня контролера $I_{\text{к}}$

$$I_{\text{к}} = N_{\text{к}} \cdot T_{\text{к}}$$

де $N_{\text{к}}$ – середньочасова заробітна платня контролера 5-го розряду, грн;

$T_{\text{к}}$ – час контролю деталей впродовж року, год.

Для базових верстатів:

$$T_{\text{к1}} = 0,083 \cdot T_{\text{шт}}$$

де 0,083 – середньостатистична частка трудомісткості контрольних операцій

Для обробки на верстатах з ЧПК

$$T_{\text{к1}} = 0,2 \cdot T_{\text{шт}}$$

Базовий варіант			Новий варіант		
16K30	$I_{\text{к}} = N_{\text{к}} \cdot T_{\text{к}}$		Рума 4100В	$I_{\text{к}} = N_{\text{к}} \cdot T_{\text{к}}$	
	1978,72	66,40		2225,464	74,68
16K30	$I_{\text{к}} = N_{\text{к}} \cdot T_{\text{к}}$		Всього $I_{\text{к2}}$	2225,464	
	1978,72	66,40			
6610	$I_{\text{к}} = N_{\text{к}} \cdot T_{\text{к}}$				
	1978,72	66,40			
4-ий верстат	$I_{\text{к}} = N_{\text{к}} \cdot T_{\text{к}}$				
	0,00	0,00			
Всього $I_{\text{к1}}$	5936,16				

1. Балансова вартість верстата K_0

$$K_0 = \Pi \cdot \alpha \cdot \beta$$

де Π – оптова ціна верстата, грн

α – коеф., що враховує витрати на доставку та встановлення верстата та приймається рівним 1,1;
 β – частка завантаження верстата

$$\beta = T_{\text{шт}} + T_{\text{н}} / (\Phi_{\text{об}} \cdot \eta_{\text{р}})$$

Базовий варіант			Новий варіант		
16K30	$K_0 = \Pi \cdot \alpha \cdot \beta$		Рума 4100В	$K_0 = \Pi \cdot \alpha \cdot \beta$	
	33298	0,28		466718	0,10
16K30	$K_0 = \Pi \cdot \alpha \cdot \beta$		Всього K_{02}	466718	
	31216	0,26			
16K30	$K_0 = \Pi \cdot \alpha \cdot \beta$				
	38420	0,32			
4-ий верстат	$K_0 = \Pi \cdot \alpha \cdot \beta$				
	0	0,00			
Всього K_{01}	102934				

2. Вартість приміщень, які займає верстат $K_{\text{пл}}$

$$K_{\text{пл}} = \Pi_{\text{пл.пл}} (A + A_{\text{у}}) \cdot \gamma \cdot \beta$$

де $\Pi_{\text{пл.пл}}$ – вартість 1 м. кв. площі механічного цеху;

A – площа, яку займає верстат по габаритах, м. кв.;

$A_{\text{у}}$ – площа, яку займають вносні, допоміжні пристрої, м. кв.;

γ – коефіцієнт, який враховує додаткову площу

Базовий варіант					Новий варіант				
16K30	$K_{\text{пл}} = \Pi_{\text{пл.пл}} (A + A_{\text{у}}) \cdot \gamma \cdot \beta$				Рума 4100В	$K_{\text{пл}} = \Pi_{\text{пл.пл}} (A + A_{\text{у}}) \cdot \gamma \cdot \beta$			
	6880	500	25,00225	0,28		6086,5255	500	60	0,10
16K30	$K_{\text{пл}} = \Pi_{\text{пл.пл}} (A + A_{\text{у}}) \cdot \gamma \cdot \beta$				Всього $K_{\text{пл2}}$	6086,53			
	12569	500	48,72	0,26					
16K30	$K_{\text{пл}} = \Pi_{\text{пл.пл}} (A + A_{\text{у}}) \cdot \gamma \cdot \beta$								
	16308	500	51,3604	0,32					
4-ий верстат	$K_{\text{пл}} = \Pi_{\text{пл.пл}} (A + A_{\text{у}}) \cdot \gamma \cdot \beta$								
	0	500	0	0,00					
Всього $K_{\text{пл1}}$	35758								

КНУ.КБР.131.26.1-02.05.ОЕП

3. Вартість службово-побутових приміщень $K_{сл}$

$$K_{сл} = Ц_{пл.б} \cdot A_б \cdot (P_{ст} + P_n + P_{дод} + P_k)$$

де $Ц_{пл.б}$ – вартість 1 м. кв. службово-побутових приміщень, грн;

$A_б$ – площа службово-побутових приміщень, яка приходить на одного робочого;

$P_{ст}$, P_n , $P_{дод}$ – кількість відповідно верстатників, наладчиків та додаткових робочих по обслуговуванню верстатів з ЧПК;

P_k – кількість контролерів

Базовий варіант						
$K_{сл} =$	$Ц_{пл.б}$	$\cdot A_б$	$\cdot (P_{ст} +$	$P_n +$	$P_{дод} +$	$P_k)$
49000	1000	7	3	3	0	1
Всього $K_{сл1}$	49000					

Новий варіант						
$K_{сл} =$	$Ц_{пл.б}$	$\cdot A_б$	$\cdot (P_{ст} +$	$P_n +$	$P_{дод} +$	$P_k)$
28000	1000	7	1	1	1	1
Всього $K_{сл2}$	28000					

4. Обігові кошти в незакінченому виробництві $K_{виз}$

$$K_{виз} = 3 \cdot n'' \cdot (S_{заг} + C / N_{річ} \cdot 0,5) \cdot \beta$$

де 3 – число партій деталей, які приходяться всередньому на одне робоче місце;

n'' – розмір налагодочної партії деталей (партії запуску), шт;

$$n'' = N_{річ} / j_p$$

$S_{заг}$ – вартість заготовки, грн;

C – собівартість механічної обробки річного випуску деталей, грн;

0,5 – коеф. наростання витрат

Базовий варіант						
$K_{виз} =$	3	$\cdot n''$	$\cdot (S_{заг} +$	$C / N_{річ}$	$\cdot 0,5) \cdot \beta$	
253090,80		16,667	5376,17	229611,40	200	0,85
Всього $K_{сл1}$	253091					

Новий варіант						
$K_{виз} =$	3	$\cdot n''$	$\cdot (S_{заг} +$	$C / N_{річ}$	$\cdot 0,5) \cdot \beta$	
27992,76		16,667	5376,17	66315,40	200	0,10
Всього $K_{сл1}$	27993					

Приведені витрати			
$31 =$	$C_1 +$	$E_n \cdot$	K_1
295728,8	229611	0,15	440783
$32 =$	$C_2 +$	$E_n \cdot$	K_2
146032,5	66315	0,15	531447

Річний економічний ефект			
$E =$	$31 -$	32	
149696,3	295729	1E+05	

Строк окупності				
$T_{ок} =$	$(K_2 -$	$K_1) /$	$(C_1 -$	$C_2)$
0,555	531447,09	440783	229611,40	66315,40

5.2 Відомості з охорони праці при виконанні токарних операцій у механічному цеху

5.2.1. Організація безпеки праці та загальні вимоги до робочого місця токаря

Забезпечення безпечних і нешкідливих умов праці на ділянці токарної обробки механічного цеху є пріоритетним завданням при проектуванні технологічних процесів.

					КНУ.КБР.131.26.1-02.05.ОЕП	

Специфіка роботи на токарних верстатах, зокрема на сучасних токарних оброблювальних центрах із числовим програмним керуванням, пов'язана з наявністю низки небезпечних та шкідливих виробничих факторів. До основних із них належать рухомі частини обладнання, заготовки та інструменти, що обертаються з високою швидкістю, відлітаюча гаряча стружка, висока температура поверхонь деталей у зоні різання, можливість ураження електричним струмом, а також постійна присутність парів мастильно-охолоджувальних рідин, дрібнодисперсного пилю, підвищеного рівня шуму та вібрації.

Кожен працівник, допущений до виконання токарних робіт, зобов'язаний пройти комплексні інструктажі з охорони праці, які включають вступний, первинний на робочому місці, а також регулярні повторні інструктажі. До самостійного керування верстатами допускаються особи, які досягли повноліття, мають відповідну професійну кваліфікацію та не мають медичних протипоказань, що підтверджується результатами періодичних медичних оглядів. Перед початком кожної зміни токар повинен ретельно перевірити свій спецодяг і засоби індивідуального захисту. Робочий костюм або комбінезон має бути відповідного розміру, без звисаючих частин або шнурків, манжети рукавів повинні щільно прилягати до зап'ястків. Волосся необхідно повністю сховати під головний убір, наприклад, берет або косинку. Обов'язковим є використання спеціального взуття з нековзною підошвою та металевим підноском для захисту ніг від падіння важких предметів. Працювати на токарних верстатах у захисних рукавицях суворо заборонено, оскільки існує високий ризик захоплення тканини обертовими частинами шпинделя або заготовки, що може призвести до вкрай важких травм кінцівок.

Раціональне планування та утримання робочого місця є базовою умовою запобігання виробничому травматизму. Проходи біля верстата завжди повинні залишатися вільними від готової продукції, заготовок, технологічної тари чи сторонніх предметів. Підлога навколо обладнання має бути абсолютно сухою та чистою, без слідів розлитої оливи або мастильно-охолоджувальної рідини. Для запобігання ковзанню безпосередньо біля зони обслуговування верстата встановлюються стійкі дерев'яні настили з решітчастою структурою. Організація освітлення робочої зони має поєднувати загальне цехове освітлення та систему місцевого індивідуального підсвічування, причому світильники місцевого значення повинні мати надійну механічну фіксацію, можливість регулювання напрямку світлового потоку та напругу, що не перевищує встановлені безпечні норми для металорізального устаткування.

5.2.2. Технічні засоби безпеки та правила поводження з обладнанням

Сучасне токарне обладнання оснащується комплексом захисних пристроїв, ефективність яких визначає загальний рівень безпеки у цеху. Головним елементом захисту оператора від відлітаючої стружки та бризок мастильно-охолоджувальної технологічної середи є захисні екрани або кабінетні огороження, виконані з міцного ударостійкого матеріалу. Більшість автоматизованих верстатів мають спеціальні системи електронного блокування,

					КНУ.КБР.131.26.1-02.05.ОЕП	

які повністю унеможливлюють запуск обертання шпинделя або переміщення супорта при відкритих дверцятах захисного кожуха. Додатково робоче місце обов'язково комплектується кнопкою аварійної зупинки грибоподібної форми, що розташовується у зоні миттєвого доступу токаря для екстреного знеструмлення обладнання у разі виникнення позаштатної чи аварійної ситуації.

Перед безпосереднім запуском верстата токарь зобов'язаний переконатися у технічній справності всіх вузлів і механізмів. Особливу увагу приділяють перевірці надійності закріплення різального інструменту в револьверній головці або різцеутримувачі, а також міцності фіксації самої заготовки у трикулачковому патроні чи в центрах. Якщо маса оброблюваної деталі перевищує встановлені нормами граничні значення для ручного підйому, для її встановлення та зняття необхідно застосовувати цехові підйомно-транспортні засоби, такі як кран-балки, консольні крани та спеціальні затискні стропи. При обробці довгих заготовок, довжина яких значно перевищує їхній діаметр, виникає небезпека прогину металу під дією відцентрових сил та сил різання, тому технологічним процесом обов'язково передбачається використання додаткових опорних елементів, а саме рухомих або нерухомих люнетів. Також забороняється залишати затискний ключ у гнізді токарного патрона після фіксації деталі, оскільки при увімкненні верстата ключ вилітає з колосальною швидкістю і може завдати смертельних травм персоналу.

Під час виконання технологічного процесу оператору суворо забороняється виконувати будь-які вимірювання геометричних розмірів деталі мікрометром чи штангенциркулем, а також проводити очищення робочих поверхонь до повної зупинки шпинделя. Навіть після вимкнення привода не можна гальмувати патрон примусово руками або випадковими предметами. Видалення структурованої або елементної стружки з робочої зони повинно здійснюватися виключно за допомогою спеціальних металевих гачків або щіток-кмітликів, і лише після повної зупинки руху всіх механізмів верстата. Застосовувати для очищення стиснене повітря від загальноцехової магістралі без спеціальних захисних закритих камер не рекомендується, оскільки дрібні та гострі частинки металу разом із пилом розлітаються по всьому приміщенню, створюючи загрозу для органів зору сусідніх робітників.

5.2.3. Виробнича санітарія, пожежна безпека та дії в аварійних ситуаціях

Тривала робота в механічному цеху вимагає суворого дотримання санітарно-гігієнічних норм. Безперервна експлуатація токарних верстатів супроводжується активним випаровуванням мастильно-охолоджувальних рідин, які при розкладанні під дією високих температур у зоні різання виділяють шкідливі аерозолі. Для підтримки чистоти повітряного середовища та видалення цих домішок безпосередньо над кожним верстатом або у зоні дільниці проектується та функціонує примусова загальнообмінна та місцева витяжна вентиляція.

					КНУ.КБР.131.26.1-02.05.ОЕП	

Крім того, робочі розчини мастильних засобів повинні проходити регулярний токсикологічний контроль та своєчасну заміну для запобігання розвитку шкірних захворювань або алергічних реакцій у персоналу цеху. Для захисту органів слуху від постійного монотонного шуму механічних передач та процесу різання токарі мають використовувати протишумові навушники або вкладні беруші.

Важливим аспектом загальної безпеки є пожежна профілактика на території механічного цеху. Оскільки на дільниці постійно використовуються легкозаймисті речовини, зокрема індустриальні оливи та консерваційні матеріали, захащення робочих місць промасленим ганчір'ям чи папером категорично забороняється. Для збору використаних обтиральних матеріалів установлюються спеціальні металеві ящики з кришками, які підлягають обов'язковому очищенню наприкінці кожної робочої зміни. Територія дільниці має бути укомплектована первинними засобами пожежогасіння, включаючи вуглекислотні або порошкові вогнегасники, ящики з піском та повст'ю, а доступи до пожежних щитів та евакуаційних виходів повинні залишатися абсолютно вільними в будь-який час доби.

У разі виникнення будь-якої аварійної ситуації, будь то раптове припинення подачі електроенергії, поява стороннього шуму, стуку всередині станини верстата, відчуття запаху гару або виявлення витoku струму на корпус обладнання, токар повинен негайно припинити обробку, натиснути кнопку аварійної зупинки, повністю знеструмити верстат за допомогою ввідного автомата і доповісти про інцидент безпосередньому керівнику або майстру зміни. Якщо на дільниці стався нещасний випадок із колегою, першочерговою дією є швидке вивільнення потерпілого від дії небезпечного фактора, наприклад, електричного струму або механічного затиску, із дотриманням особистих правил безпеки. Після цього необхідно терміново викликати медичну допомогу та надати першу невідкладну долікарську допомогу потерпілому, зберігаючи при цьому обстановку на робочому місці в тому стані, в якому вона була на момент події, якщо це не загрожує життю інших працівників цеху.

					КНУ.КБР.131.26.1-02.05.ОЕП	

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі виконано комплексний аналіз та модернізацію технологічного процесу механічної обробки відповідальних деталі Корпус та Цапфа (клас 71 за класифікатором ЄСКД) в умовах серійного машинобудівного виробництва.

На основі проведених досліджень та інженерних розрахунків отримано такі основні результати:

Проведено технічний контроль та аналіз вихідних даних: Робоче креслення деталі проаналізовано на відповідність стандартам ЄСКД. Визначено, що геометрична форма виробу, вимоги до шорсткості, квалітетів точності та допусків розташування поверхонь є метрологічно обґрунтованими. Матеріал деталі (Сталь 45 за ДСТУ 7809:2015 / Сталь 35Л за ДСТУ 8781:2018) повністю відповідає експлуатаційним навантаженням. За показником відносної жорсткості ($d > 1$), деталь віднесено до категорії жорстких, що підтверджує можливість інтенсифікації режимів обробки.

Модернізовано верстатний парк: З метою підвищення продуктивності та концентрації технологічних переходів здійснено повне оновлення критичних позицій обладнання базового заводського процесу. Морально застарілі універсальні та координатно-розточувальні верстати замінено на сучасні високотехнологічні комплекси з числовим програмним керуванням, зокрема на токарний оброблювальний центр підвищеної жорсткості (аналог 16K30Ф3) та важкий горизонтально-фрезерно-розточувальний оброблювальний центр з висувним пінолем і поворотним столом (заміна верстатів типу IP800ПМФ4 та 2637ГФ2).

Оптимізовано технологічний маршрут: Впровадження прогресивного обладнання з ЧПК дозволило суттєво скоротити підготовчо-заклучний та допоміжний час за рахунок зменшення кількості встановлень і переналагоджень. Використання сучасного твердосплавного інструменту дало змогу призначити підвищені, високошвидкісні режими різання, що забезпечило зниження штучно-калькуляційного часу та зменшення собівартості виготовлення деталі.

Спроектовано технологічне оснащення: Розроблено схему базування та фіксації заготовки на поворотному столі верстата з використанням призматичних опор та механічних прихватів, що мінімізує похибку встановлення. Також спроектовано контрольно-вимірювальний пристрій для комплексного вимірювання радіального биття трьох співвісних циліндричних поверхонь (Ø240 мм, У кваліфікаційній роботі виконано комплексний аналіз та модернізацію технологічного процесу механічної обробки відповідальної деталі «Цапфа» (клас 71 за класифікатором ЄСКД) в умовах серійного машинобудівного виробництва.

					КНУ.КБР.131.26.1-02.В					
Змін	Аркв	№	Підпис	Дат						
Розроб.	Волошин				ВИСНОВКИ			Лім.	Арк.	Арквшів
Перевір.	Кіяновський									
Н. контр.	Нечаєв							Кафедра ТМ		
Затверд	Рязанцев							зв ПМ-22		

Розроблено заходи з охорони праці Сформовано комплексні організаційно-технічні рішення для забезпечення безпечних умов праці на токарній дільниці механічного цеху. Окреслено вимоги щодо захисного кабінетного огороження верстатів, систем електронного блокування, промислової санітарії, вентиляції та пожежної безпеки відповідно до чинних нормативно-правових актів.

Розроблений технологічний процес є технічно закономірним, економічно доцільним і повністю адаптованим до умов сучасного автоматизованого машинобудівного підприємства.

					КНУ.КБР.131.26.1-02.В	

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1.С.Г. Бондаренко. Розмірні розрахунки механоскладального виробництва. – Київ, 1993.
- 2.Дипломне проектування з технології машинобудування/ Григурко О.І, Брендуля МФ., Доценко С.М, Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008,- 860 с.
3. Інженерна графіка в SolidWorks: Навчальний посібник/ С.І. Пустюльга, В.Р. Самостян, Ю.В. Клак. Луцьк: Вежа, 2018. 172 с. URL: <http://surl.li/fmeiv>
4. ДСТУ 7806:2015 Прокат з легованої конструкційної сталі
5. ДСТУ EN 10250-1:2008 Поковки сталеві ковані для машинобудування
- 6.ДСТУ 2500-94 Основні норми взаємозамінності. Єдина система допусків та посадок. Терміни та визначення. Позначення та загальні норми.
- 7.ДСТУ 2413-94 Основні норми взаємозамінності. Шорсткість поверхні.
- 8.ДСТУ 2498-94 Основні норми взаємозамінності. Допуски форми та розташування поверхонь. Терміни та визначення
9. Методичні вказівки з курсу “Технологія машинобудування“ до практичної роботи “Аналіз технологічності конструкції виробу та деталі при проектуванні технологічних процесів”, для здобувачів спеціальності 131 Прикладна механіка денної та заочної форми навчання /Цивінда Н.І. - Кривий Ріг: КНУ, 2024.
- 10.Руденко П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. Навч. посібник - К.: Вища шк. 1993р. - 414с.
11. Боженко Л.І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок - Львів, Світ ,1996.
- 12.ДСТУ 3.1107-81. Базування та бази в машинобудуванні.
13. Технологія машинобудування Горбатюк Е.О. Мазур М.П.,Зенкін А.С., Каразей В.Д. Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008,-360 с.
14. Технологія обробки типових деталей (курсове проектування) Григурко О.І, Брендуля МФ., Доценко С.М, Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008, 576 с.
- 15.Залога В. О. Сучасні інструментальні матеріали у машинобудуванні Суми: СумДУ, 2013.
- 16.Кузнєцов Ю.М. Верстати з ЧПУ та верстатні комплекси. Частина 2.-К.-Тернопіль.ТОВ «ЗМОК» -ПП «Гнозіс», 2001.-298 с.
- 17.Кіяновський М.В., Цивінда Н.І., Цівко Ф.В. Довідник нормувальника машинобудівного виробництва. – Кривий Ріг: Видавничий центр КТУ, 2008.

					КНУ.КБР.131.26.1-02.СВД			
Змін	Аркв	№	Підпис	Дат	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ			
Розроб.	Волошин							
Перевір.	Кіяновський							
Н. контр.	Нечаєв							
Затверд.	Рязанцев				Кафедра ТМ зв ПМ-22			

18.Методичні вказівки з курсу ”Системи ЧПК та програмування обробки деталей” до практичної роботи ”Розробка верстатно-інструментального налагодження на верстаті з ЧПК”, для здобувачів спеціальності 131 Прикладна механіка денної та заочної форми навчання / Цивінда Н.І., - Кривий Ріг: КНУ, 2025.

19. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці: Підручник. – Львів: Афіша, 2005.

20.ДСТУ ГОСТ 3.1127:2014. Єдина система технологічної документації. Загальні правила виконання текстових технологічних документів. (ГОСТ 3.1127-93, IDT).

21.ДСТУ ГОСТ 3.1128:2014. Єдина система технологічної документації. Загальні правила виконання графічних технологічних документів. (ГОСТ 3.1128-93, IDT).

22.ДСТУ 2974-95. Технологічне підготовлення виробництва. Основні терміни та визначення.

23.ДСТУ 2925-94. Якість продукції. Оцінювання якості. Терміни та визначення.

24.ДСТУ ГОСТ 3.1102:2014 Єдина система технологічної документації. Стадії розробки та види документів. Загальні положення).

25.ДСТУ ГОСТ 3.1105:2014 Єдина система технологічної документації. Форми та правила оформлення документів загального призначення

26.ДСТУ ГОСТ 2.308:2013 ЄСКД. Зазначення допусків форми та розміщення поверхонь (ГОСТ 2.308-2011, IDT).

27.Єдина система конструкторської документації НАНЕСЕННЯ РОЗМІРІВ І ГРАНИЧНИХ ВІДХИЛІВ (ГОСТ 2.307-2011, IDT) ДСТУ ГОСТ 2.307:2013

28.Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної бакалаврської роботи для студентів спеціальності 131“Прикладна механіка ”Освітньо-професійної програми Прикладна механіка усіх форм навчання, Кривий Ріг: КНУ, 2025.

					КНУ.КБР.131.26.1-02.СВД	

ДОДАТКИ

Взам.															
Подл.									Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		
												Листов	Лист		
Розробив															
Перевірів															
Рецензент															
				Цапфа											
Н.контроть															
«Затверджую» Зав. кафедрою технології машинобудування _____ (Рязанцев А.О.) « ____ » _____ 2026 р. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС Виготовлення деталі Цапфа Виріб: <u>Опора верхня</u> СОГЛАСОВАНО: Керівник <u>Кіяновський М.В.</u> (_____) Розробник <u>Волошин М.М.</u> (_____) Н.контроть <u>Нечаєв В.П.</u> (_____) .															
ТП	ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС														

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТУ
КАФЕДРА ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ

**АЛЬБОМ КРЕСЛЕНЬ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-
ЗАСВІДЧУЮЧИХ АРКУШІВ**

КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Розробка та інженерне обґрунтування конструкцій і технологій виготовлення корпусних деталей двохопорних роторних машин з консольним розташуванням робочого органу на прикладі гірничо-металургійного обладнання з використанням методів прикладної механіки та CAD/CAM-систем

Виконав здобувач .гр. ПМ-22

Микита ВОЛОШИН

Керівник роботи

Микола КІЯНОВСЬКИЙ

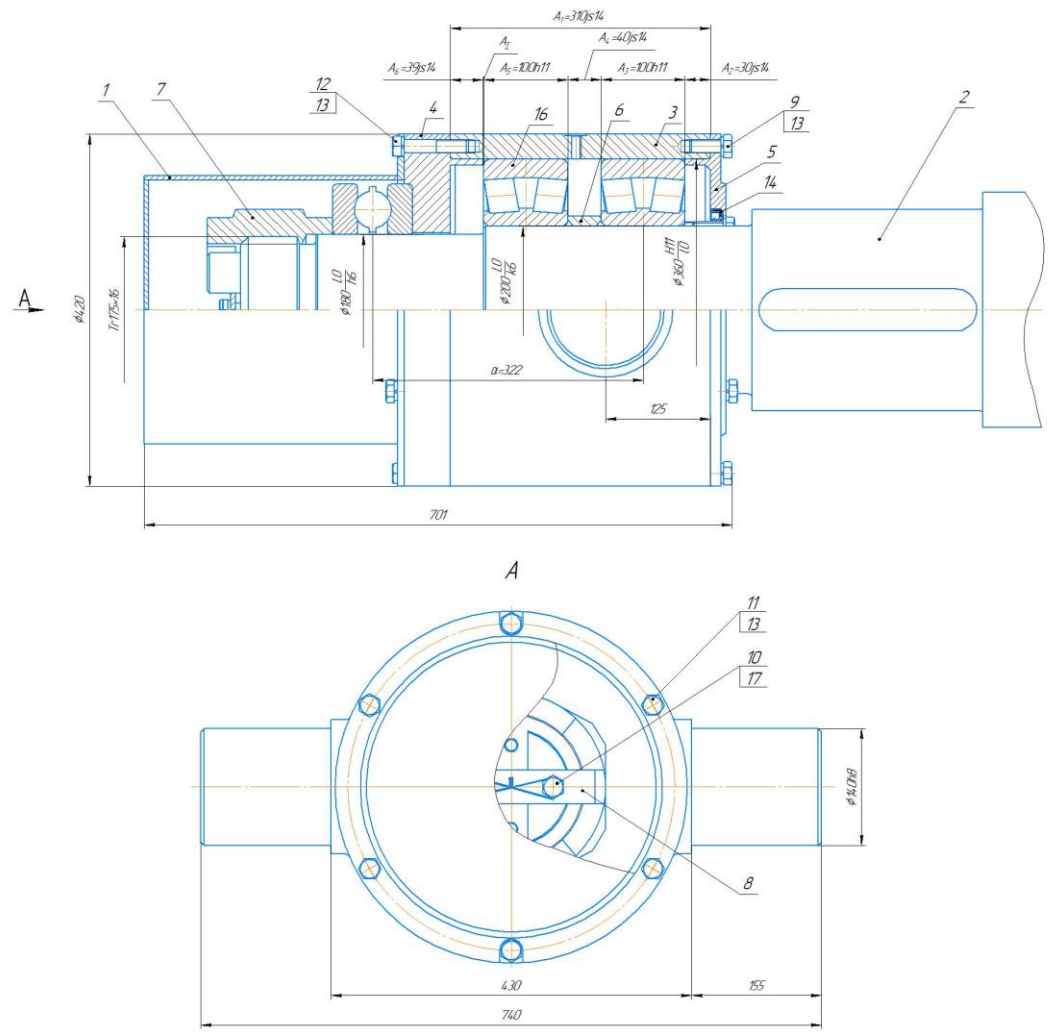
Нормоконтроль

Василь НЕЧАЄВ

Завідувач кафедри

Антон РЯЗАНЦЕВ

м.Кривий Ріг
2026 р.



Послідовність складання

Цирка		Кориска в зб		Манжет		Кориска		Підшипник	Втулка	Підшипник	Корпус	Болт	Шайба	Кориска	Підшипник	Гайка	Пластина	Болт	Диск	Кориска	Болт	Шайба	Цирка в зб		
2	1	1	зб5	1	1	1	5	8	6	8	3	9	13	4	8	7	8	10	17	1	12	13	2	зб2	1

1. Розміри для довідки

2. При поставці акрилам Фулам

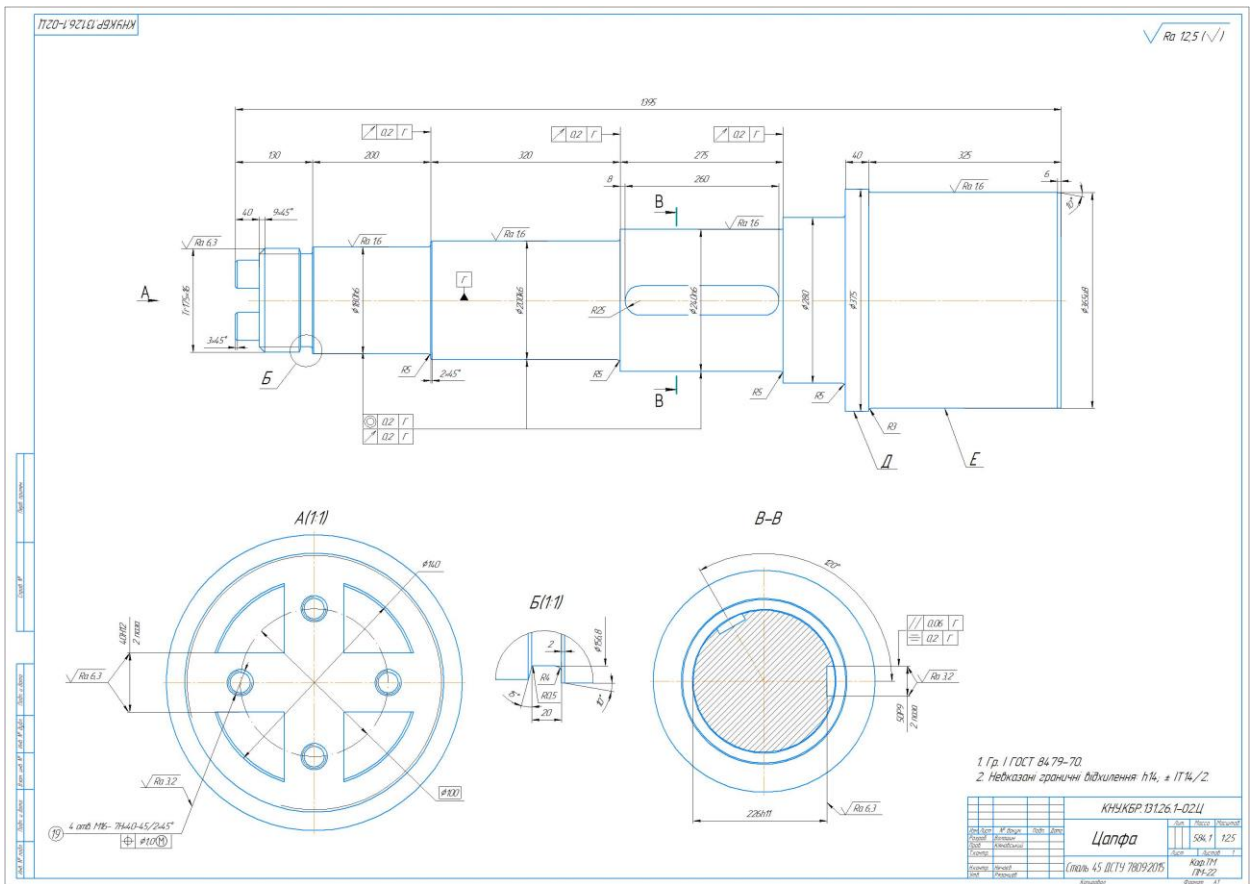
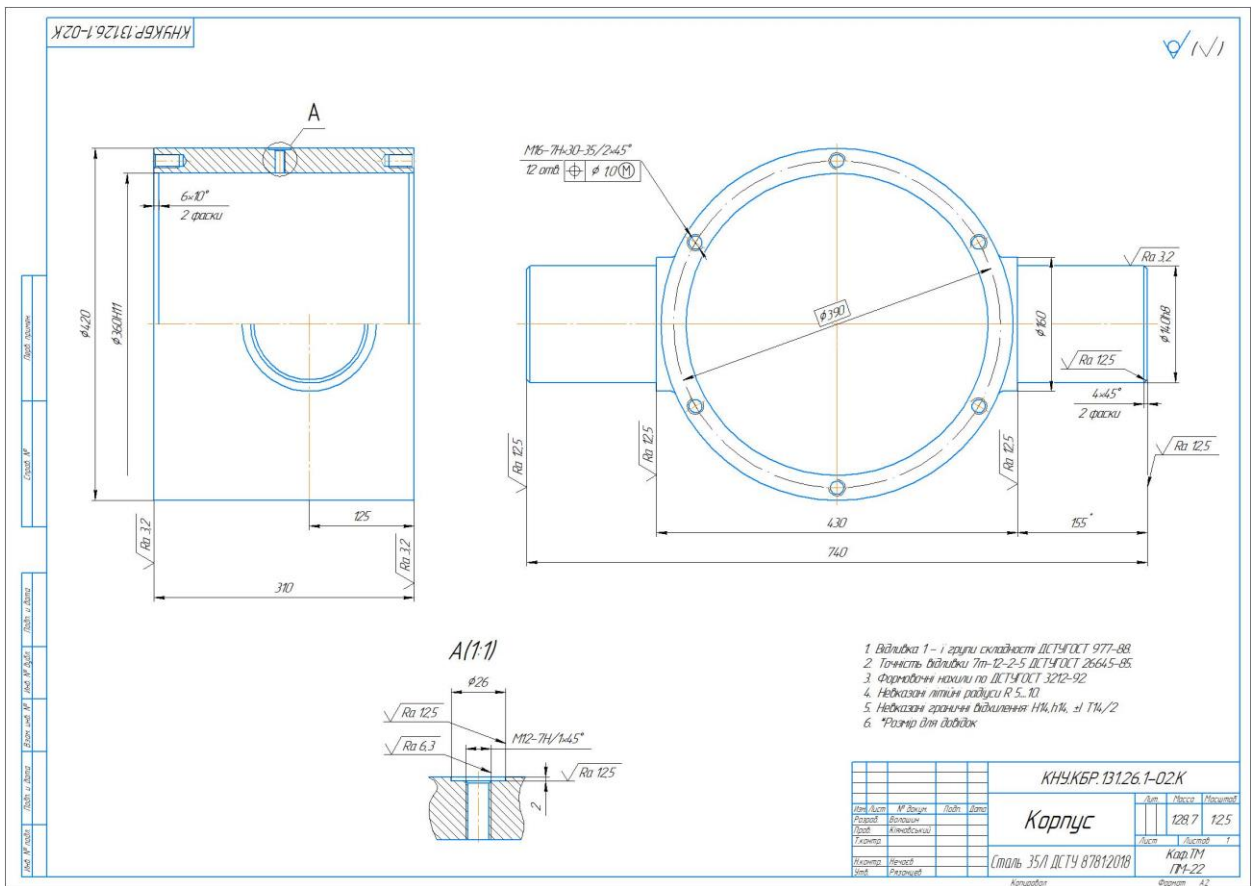
2.1 покриття механічно ошліфовані - ВЗ-4 ДС

9104-78 или - друтава ІР-0119 ГОСТ 2343-78;

2.2 механізм

- 1. Розміри для довідки
- 2. При постановці окремих вузлів
- 2.1. покриття механічно оброблених поверхонь - ВЗ-4 ДСТУ ГОСТ 9104-78 інші - згідно з ГОСТ 23343-78.
- 2.2. механічні позначення креслення і нумери запису шрифтом І-4 (ІІІІ ДСТУ ГОСТ 16152-96) рядкові
- 3. інші ТТ за ДСТУ 2364-94.

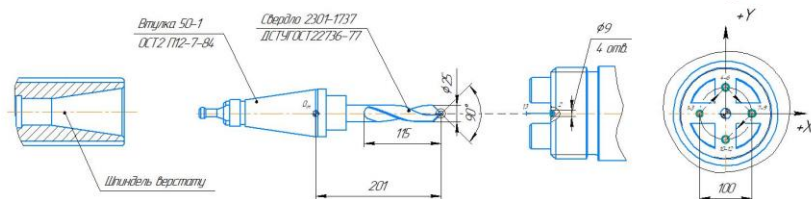
КНУКБР.131.26.1-02.08				Опора верхня				Лист	349	125	Листів	1
								Карт ІМ				ПТ-22
								Варіант				41



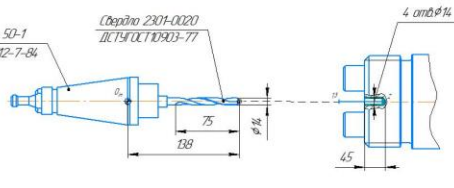
025 Горизонтально – разточка
верстат горизонтально – разточный TOS Varnsdorf WRD 130

КНУКБР.13126.1-02.ВН

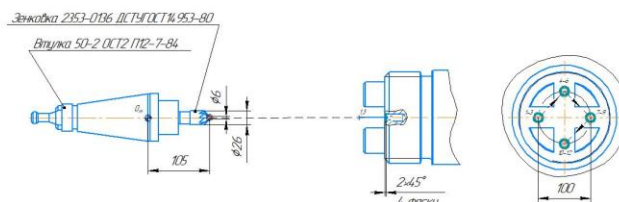
T01



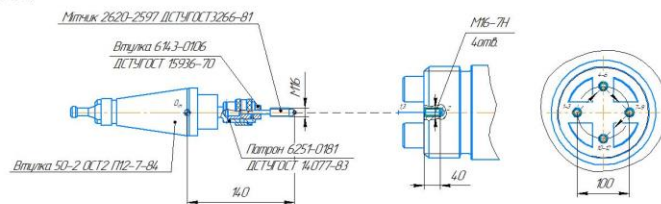
T02



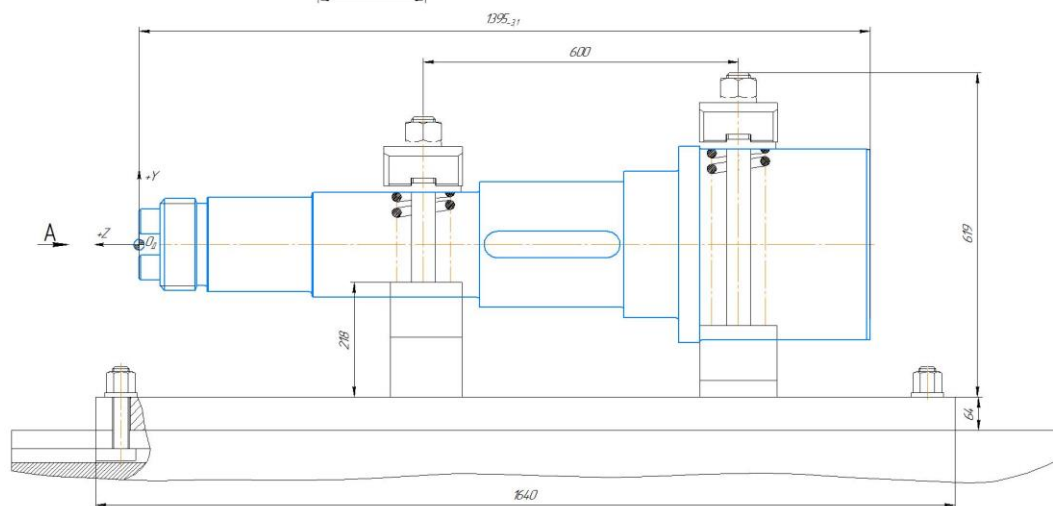
T03



T04



Испытует	Точка	Координаты	
		X	Y
T01	1	-50	0
	2	-50	0
	3	-50	0
	4	0	50
	5	0	50
	6	0	50
	7	50	0
	8	50	0
	9	50	0
	10	0	-50
	11	0	-50
	12	0	-50
T02	1	-50	0
	2	-50	0
	3	-50	0
	4	0	50
	5	0	50
	6	0	50
	7	50	0
	8	50	0
	9	50	0
	10	0	-50
	11	0	-50
	12	0	-50
T03	1	-50	0
	2	-50	0
	3	-50	0
	4	0	50
	5	0	50
	6	0	50
	7	50	0
	8	50	0
	9	50	0
	10	0	-50
	11	0	-50
	12	0	-50
T04	1	-50	0
	2	-50	0
	3	-50	0
	4	0	50
	5	0	50
	6	0	50
	7	50	0
	8	50	0
	9	50	0
	10	0	-50
	11	0	-50
	12	0	-50



КНУКБР.13126.1-02.ВН									
Верстатно-инструментальное оборудование									
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Взам.	Исполн.	Провер.	Инженер	Лист	Листов
Контр.	Исход.	Рисунки	Экз.	Рисунки	Экз.	Рисунки	Экз.	Лист	Листов
Контр.	Исход.	Рисунки	Экз.	Рисунки	Экз.	Рисунки	Экз.	Лист	Листов

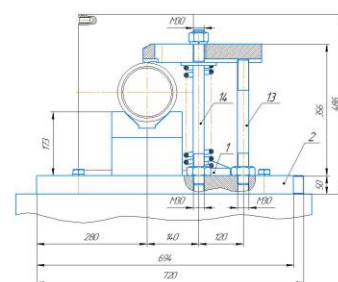
14

Кар. 1М

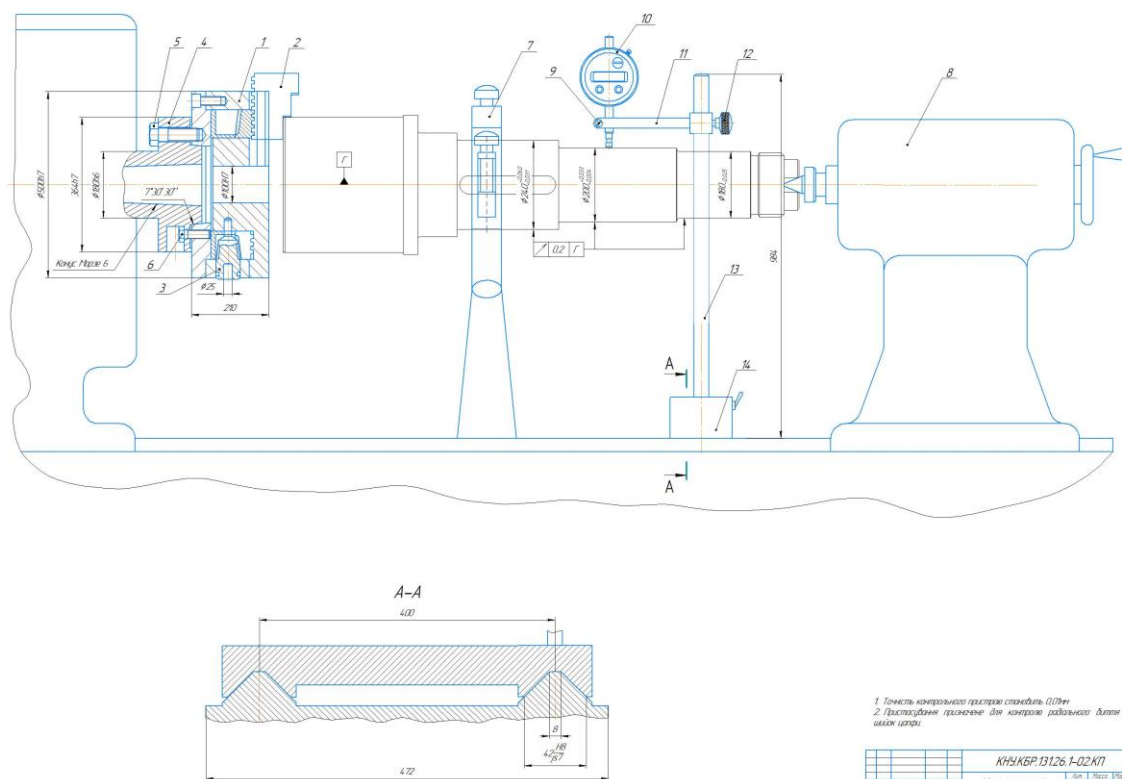
ПМ-22

Контракт

Формат А1



1. Сумарна похибка пристрою $\delta_{\Sigma} = 0,09$
2. Сила затиску $W = 12050 \text{ Н}$
3. Вихідна сила затиску затискача $Q = 27484,54 \text{ Н}$
4. Пристрій розроблений для свердління отвору деталі $\phi 14 \text{ H14}$ мм на багатозадачному верстаті моделі TOS Varnsdorf WRD 130

[illegible]

2. Пристосування призначені для контролю робочого життя цілих цехів.

[illegible]