

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: Конструкторсько-технологічна підготовка виробництва
деталі «Вал редуктору напірної лебідки екскаватору» в середо-
вищі CAD/CAM-систем

Виконав: здобувач групи ПМ-23ск
Олексієнко О.В.

Керівник випускної роботи:
доцент, к.т.н., Цивінда Н.І.

м.Кривий Ріг
2026 р

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

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Конструкторсько-технологічна підготовка виробництва
деталі «Вал редуктору напірної лебідки екскаватору» в середо-
вищі CAD/CAM-систем

Виконав здобувач.гр. ПМ-23ск

Олег ОЛЕКСІЄНКО

Керівник роботи

Наталія ЦИВІНДА

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-23ск Олегу Віталійовичу Олексієнко

Тема: Конструкторсько-технологічна підготовка виробництва деталі «Вал редуктору напірної лебідки» в середовищі CAD/CAM-систем

1. Керівник проекту к.т.н., доц. Цивінда Н.І.

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 FEATURESAM

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 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА 1.1 Службове призначення вузла. Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін 1.2 Класифікація поверхонь деталі та аналіз технічних вимог 1.4 Аналіз якості поверхонь деталі 1.5 Технічний контроль робочого креслення 1.6 Аналіз технологічності деталі 1.6.1 Якісний аналіз технологічності 1.6.2 Кількісний аналіз технологічності 1.7 Вибір діючого заводського чи типового технологічного процесу. Задачі проектування 1.8 Вибір, техніко-економічне обґрунтування та проектування заготовки 1.9 Вибір і обґрунтування баз 1.10 Розробка маршруту обробки деталі 1.11 Розробка технологічної операції 1.12 Розрахунок міжопераційних розмірів і припусків на обробку 1.13 Вибір режимів різання, нормування технологічних операцій	До 28.01 2026р.
2. МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ САМ-системі FeatureCAM	02.02 2026р.- 20.05.2026р.
3 КОНСТРУКТОРСЬКА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА	з 31.03.2026р.
4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА 4.1 Техніко-економічне обґрунтування технологічної операції 4.2 Режим безпеки та охорона праці при проведенні операцій термічної обробки вала 4.3 Розробка плану робочого місця	до 03.04 2026р.
Попередній захист	10 .06 2026р.

Дата видачі завдання: “08” 01 2026р.

Студент _____/ Олексієнко О.В./
Керівник роботи _____/Цивінда Н.І./

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до роботи: _____ стор., _____ рисунків, _____ таблиць, комплект карт на _____ с. на технологічні процеси механічної обробки деталі, _____ листів графічної частини.

Тема кваліфікаційної бакалаврської роботи: «Конструкторсько-технологічна підготовка виробництва деталі „Вал редуктора напірної лебідки екскаватора“ в середовищі CAD/CAM-систем».

Об'єкт проєктування: технологічний процес виготовлення вала редуктора (кресл. № 3519) напірної лебідки кар'єрного гусеничного екскаватора ЕКГ-8І.

Мета роботи: розробка прогресивного, технічно та економічно обґрунтованого технологічного процесу механічної обробки вала редуктора з інтенсифікацією виробництва шляхом інтеграції сучасних CAD/CAM-систем.

Методи та результати проєктування: На основі заданої річної програми випуску визначено й обґрунтовано тип виробництва. Виконано комплексний аналіз технологічності конструкції деталі, проведено порівняльний аналіз та обрано раціональний спосіб одержання заготовки, що забезпечує високий коефіцієнт використання матеріалу.

Розроблено перспективні маршрутний та операційний технологічні процеси механічної обробки вала. Здійснено раціональний підбір сучасного високопродуктивного верстатного обладнання (включаючи верстати з ЧПК), прогресивного різального й допоміжного інструменту, а також засобів технічного контролю. Розраховано оптимальні режими різання, визначено міжопераційні припуски та виконано технічне нормування часу на операції.

У роботі ефективно використано елементи САПР (CAD/CAM-системи) для автоматизації окремих складових технологічного процесу: побудовано тривимірну твердотільну модель деталі, спроєктовано заготовку та автоматизовано розробку керуючих програм для механічної обробки складних поверхонь.

Графічна частина роботи та комплект технологічної документації оформлені відповідно до вимог Єдиної системи конструкторської документації (ЕСКД) та Єдиної системи технологічної документації (ЕСТД).

ВАЛ РЕДУКТОРА, НАПІРНА ЛЕБІДКА, ЕКСКАВАТОР ЕКГ-8І, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ЗАГОТОВКА, МЕХАНІЧНА ОБРОБКА, РЕЖИМИ РІЗАННЯ, ТЕХНІЧНЕ НОРМУВАННЯ, ВЕРСТАТИ З ЧПК, CAD/CAM-СИСТЕМИ, САПР.

ABSTRACT

Explanatory note to the work: _____ pages, _____ figures, _____ tables, a set of maps on _____ pages on technological processes of mechanical processing of the part, _____ sheets of the graphic part.

Topic of the qualifying bachelor's thesis: " Design and manufacturing engineering for the “Excavator Crowd Winch Gearbox Shaft” part using CAD/CAM systems".

Object of design: technological process of manufacturing the gear shaft (drawing No. 3519) of the pressure winch of the EKG-8I quarry crawler excavator.

Purpose of the work: development of a progressive, technically and economically justified technological process of mechanical processing of the gear shaft with intensification of production by integrating modern CAD / CAM systems.

Methods and results of design: Based on the specified annual production program, the type of production is determined and justified. A comprehensive analysis of the manufacturability of the part design was performed, a comparative analysis was conducted and a rational method of obtaining the workpiece was selected, which ensures a high material utilization rate.

Promising routing and operational technological processes for shaft machining were developed. A rational selection of modern high-performance machine tool equipment (including CNC machines), progressive cutting and auxiliary tools, as well as technical control means was carried out. Optimal cutting modes were calculated, inter-operation allowances were determined and technical time standardization for operations was performed.

The work effectively used elements of the CAD (CAD/CAM system) to automate individual components of the technological process: a three-dimensional solid-state model of the part was built, the workpiece was designed and the development of control programs for machining complex surfaces was automated.

The graphic part of the work and the set of technological documentation are drawn up in accordance with the requirements of the Unified System of Design Documentation (USD) and the Unified System of Technological Documentation (USTD).

REDUCER SHAFT, PRESSURE WINCH, EKG-8I EXCAVATOR,
TECHNOLOGICAL PROCESS, BLANK, MECHANICAL PROCESSING,
CUTTING MODES, TECHNICAL STANDARDIZATION, CNC MACHINES,
CAD/CAM SYSTEMS, CAD.

Перв. примен.	Формат	Зача	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
					Документація		
	A4	1		КНУКБР.131.26.2-07.РПЗ	Розрахунково-пояснювальна записка		
	A4	2		КНУКБР.131.26.2-07.АТК	Альбом тех.карт на ТП виготовлення деталі		
					Креслення		
Справ. №							
	A2	3		КНУКБР.131.26.2-07.В	Вал	1	
	A2	4		КНУКБР.131.26.2-07. ВП	Вал(поковка)	1	
	A1	5		КНУКБР.131.26.2-07.ЕО	Ескізи операцій	1	
	A2	7		КНУКБР.131.26.2-07.ІО	Інструментальне оснащення	1	
	A1	8		КНУКБР.131.26.2-07.ВП	Верстатне пристосування	1	
	A2	9		КНУКБР.131.26.2-07.КП	Контрольне пристосування	1	
Подп. и дата							
Инф. № докл.							
Взам. инд. №							
Подп. и дата							
Изм. Лист							
№ докум.							
Подп.							
Дата							
Изм. Лист							
№ докум.							
Подп.							
Дата							
	Изм. Лист						
№ докум.							
Подп.							
Дата							
	Изм. Лист						
№ докум.							
Подп.							
Дата							
	Изм. Лист						
№ докум.							
Подп.							
Дата							
	Изм. Лист						
№ докум.							
Подп.							
Дата							
	Изм. Лист						
№ докум.							
Подп.							
Дата							
	Изм. Лист						
№ докум.							
Подп.							
						</	

ЗМІСТ

Вступ

1.ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА.....	
1.1 Службове призначення вузла. Службове призначення деталі. Вибір ма- теріалу і варіантів замін.....	
1.2 Класифікація поверхонь деталі та аналіз технічних вимог.....	
1.3 Аналіз повноти та коректності оформлення креслення деталі	
1.4 Аналіз технологічності деталі.....	
1.4.1 Якісний аналіз технологічності	
1.4.2. Кількісний аналіз технологічності.....	
1.5 Вибір типу виробництва. Задачі проектування. Пропозиції щодо удо- сконалення.....	
1.5.1 Вибір типу виробництва та методу роботи.....	
1.5.2 Задачі проектування. Пропозиції щодо удосконалення типового ТП...	
1.6 Проектування заготовки	
1.7 Вибір та обґрунтування баз.....	
1.8 Розробка маршруту обробки деталі.....	
1.9 Розрахунок міжопераційних розмірів і припусків на обробку.....	
1.10 Розробка технологічної операції.....	
1.11 Розрахунок і вибір режимів різання, нормування технологічних опе- рацій.....	
2МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ В САМ-системі FeatureSAM.....	
5. КОНСТРУКТОРСЬКА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА.....	
4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА.....	
4.1 Техніко-економічне обґрунтування технологічної операції.....	
4.2 Режим безпеки та охорона праці при проведенні операцій термічної об- робки вала	
4.3 Розробка плану робочого місця.....	
ВИСНОВКИ.....	
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	

					КНУ.КБР.131.26.2-07.3		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Олексієнко			ЗМІСТ	Літ.	Арк.
Перевірів		Цивінда					Аркушів
Т. Контр.							
Н. Контр.		Нечаєв				Каф.ТМ гр ПМ-23ск	
Затверд.		Рязанцев					

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасний етап розвитку важкого машинобудування та гірничо-видобувної промисловості України характеризується підвищеними вимогами до надійності, довговічності та експлуатаційної стійкості кар'єрної техніки. Однією з ключових машин на відкритих гірничих роботах є кар'єрний гусеничний екскаватор ЕКГ-8І. Ефективність його функціонування безпосередньо залежить від працездатності силових вузлів, зокрема напірної лебідки. Вихідний вал редуктора напірного механізму працює в умовах екстремальних знакозмінних динамічних навантажень, високих швидкостей та крутних моментів. Передчасний вихід з ладу цієї деталі призводить до тривалих простоїв усього гірничо-збагачувального комплексу та значних фінансових збитків.

У зв'язку з цим виникає гостра потреба в інтенсифікації та підвищенні якості конструкторсько-технологічної підготовки виробництва (КТПВ) таких відповідальних деталей. Традиційні «паперові» та відірвані один від одного методи проектування вже не задовольняють вимоги ринку щодо гнучкості, точності та швидкості запуску виробництва. Ефективним вирішенням цієї проблеми є наскрізне проектування та автоматизація інженерної діяльності шляхом інтеграції сучасних CAD/CAM-систем.

Стан проектування на сьогодні. На теперішній час світова та передова вітчизняна практика КТПВ базується на концепції PLM (Product Lifecycle Management — управління життєвим циклом виробу), де основою є єдиний інформаційний простір. Сучасний стан проектування характеризується повним відходом від двовимірного (2D) креслення на первинних етапах. Натомість застосовується параметричне тривимірне (3D) твердотільне моделювання в CAD-середовищах, що дозволяє ще на стадії розробки деталі оцінити її масово-центрувальні характеристики, провести комп'ютерний аналіз напружено-деформованого стану (за допомогою методів FEA/MEE) та оптимізувати геометрію.

У технологічному зрізі сучасне проектування передбачає використання САМ-систем для автоматизованого синтезу операційних процесів та генерації керуючих програм (КП) для верстатів із ЧПК. Сучасні САМ-модулі дозволяють виконувати цифрову верифікацію та симуляцію обробки, повністю виключаючи ризик колізій інструмента з елементами верстата чи оснащення під час реального різання.

					КНУ.КБР.131.26.2-07.В				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Олексієнко			ВСТУП	Літ.		Арк.	Аркушіє
Перевіриє		Цивінда							
Т. Контр.						Каф.ТМ гр ПМ-23ск			
Н. Контр.		Нечасє							
Затверд.		Рязанцев							

Особливої актуальності сьогодні набуває впровадження високошвидкісного та багатоосьового фрезерування складних поверхонь (наприклад, шліців чи зубчастих вінців), що дозволяє замінити застарілі та низькопродуктивні методи (такі як зубостругання) на високоточну обробку за один установ.

Проте, на багатьох вітчизняних підприємствах важкого машинобудування все ще зберігається частково дискретний підхід, коли передача даних між конструктором та технологом відбувається з втратою інформації, а потенціал сучасного обладнання з ЧПК використовується не в повній мірі через ручне кодування програм. Тому розробка наскрізної цифрової технології виготовлення вала редуктора в єдиному CAD/CAM-середовищі є своєчасною та практично значущою задачею.

Об'єкт дослідження — технологічний процес конструкторсько-технологічної підготовки виробництва вихідного вала редуктора напірної лебідки екскаватора ЕКГ-8І.

Предмет дослідження — методи, алгоритми та інструменти автоматизованого проєктування заготовки, маршрутно-операційного технологічного процесу та генерації керуючих програм механічної обробки деталі в середовищі CAD/CAM.

Мета кваліфікаційної роботи — підвищення ефективності та якості виготовлення деталі «Вал редуктора напірної лебідки екскаватора» шляхом розробки прогресивного наскрізного технологічного процесу механічної обробки на базі сучасного обладнання з ЧПК із застосуванням передових інструментів CAD/CAM-інженерії.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Проаналізувати службове призначення, умови роботи та технологічність конструкції вала; обґрунтувати вибір матеріалу та метод одержання заготовки.
2. Розробити перспективний маршрутний та операційний технологічні процеси обробки деталі.
3. Здійснити вибір сучасного різального інструменту, верстатного обладнання та оснащення, розрахувати оптимальні режими різання.
4. Побудувати точну тривимірну модель деталі та заготовки в CAD-системі.
5. Розробити керуючі програми для критичних операцій механічної обробки в CAM-системі та провести симуляцію процесу різання.
6. Оцінити техніко-економічну ефективність запропонованих рішень у порівнянні з базовим варіантом технології.

					КНУ.КБР.131.26.2-07.В	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

1.1 Службове призначення вузла. Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін

Кар'єрний гусеничний екскаватор ЕКГ-8І — це електрична повноповоротна одноковшова лопата, призначена для розробки та завантаження у транспортні засоби або у відвал корисних копалин і розкривних порід. Обладнання ефективно використовується на відкритих гірничих роботах у чорній та кольоровій металургії, вугільній промисловості, індустрії будівельних матеріалів, а також для виконання великих обсягів земляних робіт у промисловому будівництві.

Напірний механізм екскаватора забезпечує зворотно-поступальний рух рукояті ковша і складається з напірної лебідки та системи канатів. Привід лебідки здійснюється від електродвигуна, що з'єднаний із редуктором за допомогою фрикційної муфти граничного моменту. На вихідних валах редуктора жорстко насаджені канатоємні барабани. Гальмування напірного механізму під час безпосереднього виконання робочих операцій реалізується протиструмом. Для фіксації механізму напору під час зупинки машини або у разі знеструмлення екскаватора передбачене стопорне колодке пневматичне гальмо, яке уніфіковане з гальмівними пристроями головного механізму підйому.

Об'єктом технологічного проектування є вихідний вал напірної лебідки, який входить до складу зазначеного силового вузла і призначений для надійної передачі значного крутного моменту. Шліци вала під час експлуатації піддаються високим навантаженням і працюють на згин та зріз. Оскільки деталь функціонує у складі комбінованого важконавантаженого механізму за високих швидкостей обертання, її матеріал повинен мати високі міцнісні та в'язкі властивості.

Цим жорстким експлуатаційним вимогам повною мірою відповідає конструкційна легована сталь 35ХМ (жароміцна, релаксаційностійка). Вона характеризується:

- доброю оброблюваністю різанням у відпаленому стані;
- низькою чутливістю до концентраторів напружень;
- високим опором утому;
- відмінною зносостійкістю після остаточної термічної обробки.

					КНУ.КБР.131.26.2-07.01.ТПВ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА		
Розроб.	Олексієнко						
Перевірів	Цивінда						
Т. Контр.							
Н. Контр.	Нечасів						
Затверд.	Рязанцев				Каф.ТМ гр ПМ-23ск		

Для досягнення заданого комплексу механічних властивостей (зокрема підвищення твердості та зносостійкості робочих поверхонь) деталь піддають покращенню — загартуванню з наступним високим відпуском.

У разі виробничої потреби сталь 35ХМ можна замінити вітчизняними аналогами 40Х, 40ХН, 30ХМ, 35ХГСА або закордонними замінниками, такими як 15131 (за стандартом CSN, Чехія) чи 2234 (за стандартом SS, Швеція). Зазначені марки є близькими за своїми хімічними і фізико-механічними властивостями, оскільки належать до однієї групи хромистих (хромомолібденових) сталей і містять приблизно однакову масову частку хрому. Ці матеріали традиційно застосовуються для виготовлення відповідальних деталей (валів, шестерень, плунжерів, штоків, шпинделів, дисків тощо), які тривалий час працюють в умовах знакозмінних динамічних навантажень та високих швидкостей за температур аж до 450–500 °С.

Таблиця 1.1 -Хімічний склад в % сталі 35ХМ ДСТУ 7806:2015

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Mo	Cu
0.32 - 0.4	0.17 - 0.37	0.4 - 0.7	до 0.3	до 0.035	до 0.035	0.8 - 1.1	0.15 - 0.25	до 0.3

					КНУ.КБР.131.26.2-07.01.ТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблица 1.2 -Фізичні властивості сталі 35ХМ

Т	Е 10 ⁻⁵	α 10 ⁶	λ	ρ	С	Р 10 ⁹
Град	МПа	1/Град	Вт/(м·град)	кг/м ³	Дж/(кг·град)	Ом·м
20	2.18			7820		328
100	2.16	12.3	40.6	7800	462	360

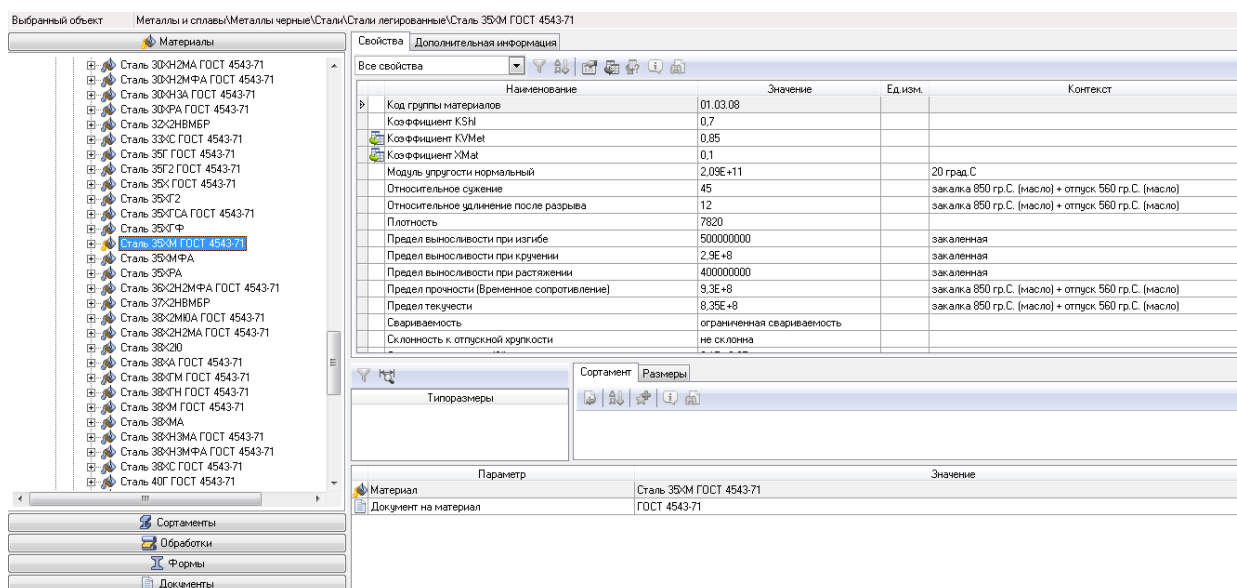


Рисунок 1.1 – Характеристики сталі 35ХМ з довідника матеріалів Solid

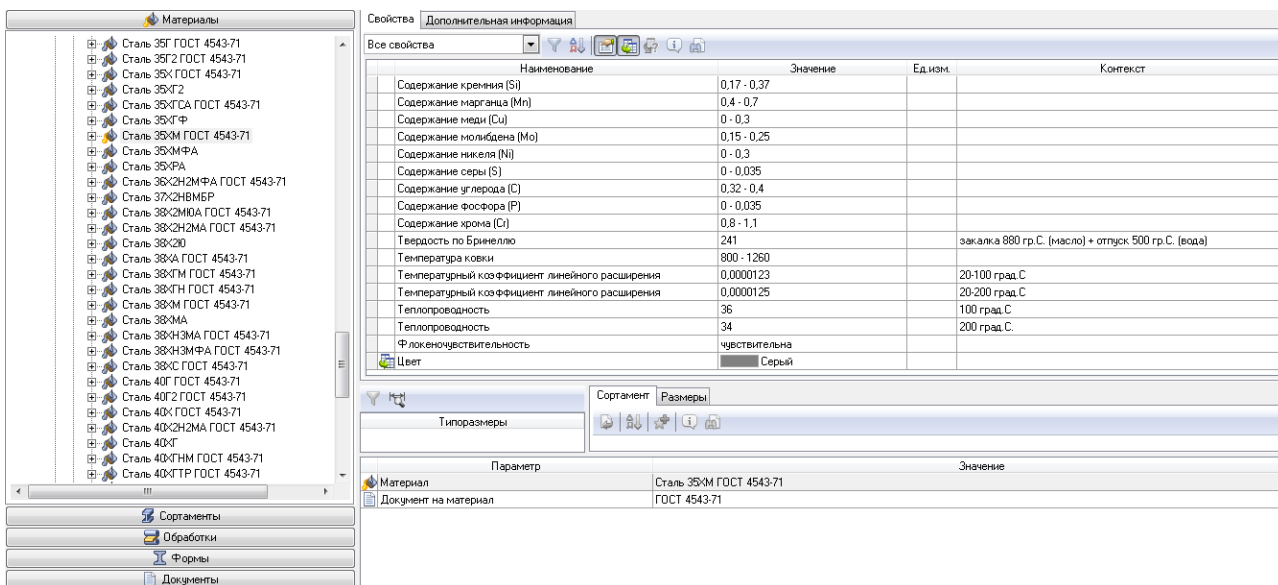


Рисунок 1.2 – Характеристики сталі 35ХМ з довідника матеріалів Solid

Таблиця 1.3- Механічні властивості сталі 35ХМ при T=20°C

Сортамент	Розмір	Нап р.	σ_B	σ_T	δ_5	ψ	KCU	Термообр.
-	мм	-	МПа	МПа	%	%	кДж/ м ²	-
Поковки	тах товщина 100	Про д.	950	750	13	42	650	Закалка 850 - 880o

1.2 Класифікація поверхонь деталі та аналіз технічних вимог

Пронумеруємо всі поверхні деталі на кресленні.

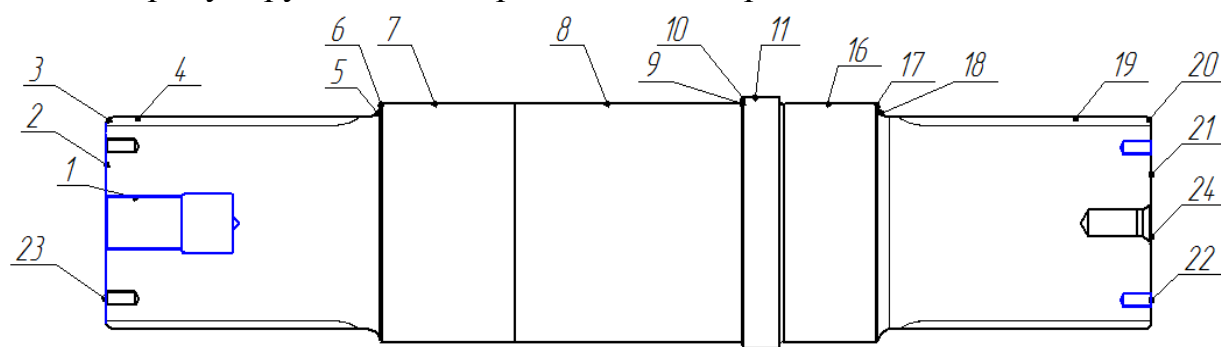


Рисунок 1.3- Креслення деталі



Рисунок 1.4-3D зображення валу побудованого в Solid Word

Аналіз конструктивних елементів вала дозволяє класифікувати його поверхні за функціональним призначенням відповідно до принципів машинобудівного проектування:

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

КНУ.КБР.131.26.2-07.01.ТПВ

• Основні бази (базові поверхні): Циліндричні шийки Ø7 та Ø16, призначені для встановлення підшипників кочення. Вони визначають просторове положення вала у вузлі редуктора, тому до них висуваються жорсткі вимоги щодо точності розмірів, геометричної форми та шорсткості.

• Виконавчі поверхні: Поверхні 4, 8, 19, які безпосередньо беруть участь у виконанні службової функції вузла (передача крутного моменту, сприйняття робочих навантажень).

• Допоміжні поверхні: Поверхні 3, 5, 6, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 20. Вони слугують для базування та фіксації спряжених деталей (барабанів, муфт, зубчастих коліс) і забезпечують точність їхнього взаємного розташування.

• Спряжені поверхні: Шпонкові пази 1, 22, 23, 24 та шліцьові ділянки (зокрема поверхня 17). Вони забезпечують кінематичний зв'язок та надійність з'єднань під час роботи механізму.

• Вільні (несполучувані) поверхні: Поверхні 18 та інші конструктивні переходи (галтелі, торці, фаски), які визначають загальну конфігурацію деталі й не вступають у контакт із рухомими чи нерухомими елементами суміжних деталей.

1.4. Обґрунтування вимог до точності та шорсткості

Усі технічні вимоги, зазначені на кресленні вала, повністю відповідають його службовому призначенню та нормативним стандартам:

1. Точність основних баз: Посадочні поверхні під підшипники Ø7 і Ø16 виконані за 6-м квалітетом точності із параметром шорсткості Ra3,2мкм (за потреби підвищення довговічності значення Ra може бути уточнене до Ra0,8-1,6мкмвідповідно до вимог підшипникових посадок).
2. Точність спряжених елементів: Шпонкові пази (зокрема елемент 17) та кріпильні ділянки виконані за інтервалами допусків H7 (або P9/N9 залежно від типу посадки) із шорсткістю Ra3,2 мкм, що є стандартним для відповідальних шпонкових з'єднань. Шліцьова поверхня має конструктивні параметри відповідно до нормативного ряду.
3. Геометрична точність та взаємне розташування: Конструкторською базою, позначеною на кресленні за допомогою зафарбованого трикутника, є загальна вісь обертання деталі. Відносно цієї бази регламентовано норми соосності та радіального биття:
 - для основних підшипникових шийок радіальне биття не повинно перевищувати 0,06 мм;
 - для виконавчих шліцьових поверхонь допуск радіального биття становить не більше 0,1 мм, що повністю задовольняє нормативні вимоги до точності важконавантажених валів важкого машинобудування.

Висновок: Задані параметри точності, квалітетів та шорсткості поверхонь є технічно обґрунтованими, забезпечують задану довговічність вала напірної лебідки і досягаються за допомогою стандартних методів чистової механічної обробки (тонкого точіння та шліфування).

					КНУ.КБР.131.26.2-07.01.ТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.4 – Вимоги до точності і шорсткості основних, допоміжних і спряжених поверхонь деталі

№ поверхні	Номинальний розмір, мм	Квалітет ІТ	Шорсткість, Ra	Відхилення форми та розташування поверхні
2,21	L1650	7	3,2	
3,20	8x45°	9	6,3	
12,13,14,15	L8	9	6,3	Допуск биття 0,04
1	M80	7	3,2	
5,18	R18	9	6,3	
22,23	M20	7	3,2	Зміщення вісі 1,2
7,16	Ø360	6	3,2	Допуск биття 0,5
8	Ø360	8	3,2	Допуск биття 0,5
6,17	3x45°	12	6,3	
4,19	12x295x320x30	7	3,2	Допуск биття 0,5
9	R3	12	3,2	
10,11	Ø380	12	6,3	Допуск биття 0,05
24	Ø43	7	3,2	

1.3 Аналіз повноти та коректності оформлення креслення деталі

Конструкторська документація на вал містить повний обсяг інформації, необхідної для організації технологічного процесу його виготовлення:

- Графічне представлення: На кресленні вал зображено у двох проєкціях (видах), що є цілком достатнім для однозначного визначення його просторової геометричної форми.
- Розмірний аналіз та точність: На кресленні проставлені всі необхідні лінійні та діаметральні розміри. Для основних і допоміжних (посадочних) поверхонь безпосередньо вказані граничні відхилення (допуски). Вільні розміри, які не мають індивідуальних позначень допусків, виконуються за загальними технічними вимогами по 12-му квалітету точності (згідно із записом на полі креслення). Ця ж вимога поширюється на виконання конструктивних фасок.
- Аналіз шорсткості: Показники шорсткості відповідальних (основних, допоміжних та спряжених) поверхонь винесені безпосередньо на графічні елементи або контурні лінії. Для торців та інших поверхонь із незазначеною шорсткістю встановлено параметр $Ra\backslash;6,3\text{ мкм}$, про що свідчить відповідний знак у правому верхньому кутку креслення.

					КНУ.КБР.131.26.2-07.01.ТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Геометричні бази: Конструкторською базою вала визначено його загальну вісь обертання (позначена зафарбованим базовим трикутником). Відносно цієї осі задано допуски радіального биття для ключових поверхонь, що гарантує збалансовану роботу вузла.

- Технічні вимоги та основний напис: У технічних вимогах над основним написом (штампом) регламентовано твердість матеріалу після термообробки (НВ 248...293). У самому штампі креслення наведено всі базові відомості: найменування деталі, основний матеріал (сталь 35ХМ), допустимий заміник (сталь 40Х), маса виробу (1140 кг) та масштаб графічного зображення (1:5).

Висновок: Запропоноване креслення є повним, технічно грамотним, містить усі необхідні геометричні й технологічні дані та дозволяє безперешкодно розробити наскрізний технологічний процес механічної обробки деталі. Додатково всі технологічні вимоги креслення приведено у відповідність до сучасних діючих стандартів ДСТУ.

1.4. Аналіз технологічності деталі

1.4.1. Якісний аналіз технологічності конструкції

Аналізована деталь являє собою вал, що характеризується відносно нескладною геометричною формою. Конструкторською та технологічною базою виробу слугує один із торців та внутрішня циліндрична поверхня. Важливим критерієм оцінки технологічності є співвідношення загальної довжини вала до його максимального діаметра, яке становить $L/D = 1650 / 320 = 5,16$. Таке значення показника свідчить про відносно низьку власну жорсткість заготовки, що накладає певні обмеження на проектування технологічного процесу.

Зважаючи на піддатливість довгомірної деталі до деформацій під дією сил різання, одночасна багатоінструментальна обробка є ускладненою. Натомість механічну обробку необхідно виконувати на помірних режимах із обов'язковим застосуванням додаткових опор у вигляді рухомих та нерухомих люнетів для запобігання прогину й вібраціям. Крім того, технологічним процесом обов'язково передбачаються періодичні правки вала на пресах, особливо після виконання чорнових токарних операцій та етапу термічної обробки, коли виникають значні внутрішні напруження.

Матеріалом деталі є конструкційна легована сталь 35ХМ, яка належить до групи хромомолібденових жароміцних релаксаційностійких сталей. Цей матеріал має середню оброблюваність різанням, у зв'язку з чим механічне зняття припуску доцільно проводити на оптимальних середньошвидкісних режимах із широким застосуванням сучасного різального інструменту, оснащеного твердосплавними пластинами підвищеної зносостійкості. Зважаючи на вагу деталі 1140кг як заготовку раціонально використовувати поковку на пресах, що максимально наближає її контури до геометрії готового виробу та забезпечує сприятливий розподіл волокон металу.

					КНУ.КБР.131.26.2-07.01.ТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

Завдяки відкритій конфігурації та відсутності важкодоступних зон, стандартні вимірювальні прилади та різальні інструменти в процесі обробки вільно підводяться до всіх аналізованих поверхонь. Загальна конфігурація вала та технічні вимоги щодо точності дозволяють повністю відмовитися від складних і дорогих спеціальних фізико-технічних методів, таких як електрохімічна, електрофізична або лазерна обробка. Весь цикл виготовлення базується на традиційній лезовій обробці на металорізальних верстатах токарної та фрезерної груп, або ж на сучасних багатоопераційних токарно-фрезерних оброблювальних центрах із ЧПК.

Враховуючи регламентовані кресленням параметри точності та шорсткості, для умов серійного випуску цілком достатньо застосовувати металорізальне обладнання нормального класу точності. Сучасні універсальні верстати та верстати з програмним керуванням дозволяють стабільно досягати заданих параметрів якості без впровадження унікального прецизійного устаткування.

Проста форма конструктивних елементів вала також зумовлює можливість використання виключно стандартного різального інструменту загального призначення, оскільки на деталі відсутні специфічні профілі, які б вимагали проектування складного фасонного чи спеціального оснащення. Для надійного базування та закріплення вала на верстатах використовуються типові стандартні верстатні пристосування, зокрема трикулачкові патрони та передні й задні центри у поєднанні з повідковими пристроями. Проведений комплексний аналіз дозволяє зробити висновок, що конструкція валу повністю задовольняє вимогам технологічності та є адаптованою до умов серійного машинобудівного виробництва.

1.4.2 Кількісний аналіз технологічності

1. Трудомісткість виготовлення деталі можна підрахувати тільки після нормування розробленого Т.П.

2. Економічну ефективність у рамках задачі, яка вирішується розрахувати не можливо.

3. Коефіцієнт використання матеріалу :

$$K = \frac{M_d}{M_z} \quad (1.1)$$

$$K = 1140 / 1408 \approx 0,8$$

де: M_z – маса заготовки; M_d – маса деталі.

4. Розраховуємо середню точність, яка знаходиться по формулі:

$$IT_{сер} = \frac{\sum T \cdot n}{N}, \quad (1.2)$$

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

n - кількість поверхонь однакової точності;

N - загальна кількість поверхонь.

					КНУ.КБР.131.26.2-07.01.ТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тоді:

$$IT_{cp} = \frac{12 \cdot 5 + 9 \cdot 8 + 7 \cdot 8 + 8 \cdot 1 + 6 \cdot 2}{24} = 11,375.$$

Це свідчить, що деталь має середню точність.

5. Розраховуємо середню шорсткість:

$$Ra_{сер} = \frac{\sum Ra \cdot n}{N}, \quad (1.3)$$

$$Ra_{сер} = \frac{6,3 \cdot 12 + 3,2 \cdot 12}{24} = 4,75. \quad (1.4)$$

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

6. Розраховуємо коефіцієнт уніфікації деталі:

$$K_y = \frac{Q_{y.n.}}{Q_3}, \quad (1.5)$$

$$K_y = \frac{24}{24} = 1.$$

Так як вирахований коефіцієнт уніфікації $K_y=1$, то це означає, що деталь має велику ступінь уніфікації.

Таким чином, загалом деталь технологічна.

1.5 Вибір типу виробництва. Задачі проектування. Пропозиції щодо удосконалення

На початковій стадії проектування приймається попереднє припущення про середньосерійний характер виробництва, відповідно до якого обробка заготовки планується в межах спеціалізованої технологічної лінії. Після остаточного формування структури технологічного процесу та нормування часу тип виробництва детально уточнюється на основі розрахунку коефіцієнта закріплення операцій.

Як методичну основу для проектування використовують чинний заводський або типовий технологічний процес виготовлення аналогічних деталей.

Таблиця 1.5. -Діючий заводський технологічний процес

№ операції	Найменування і зміст операції	Тип обладнання і оснастка	Інструмент
1	2	3	4
005	РОЗТОЧНА Установити заготовку, закріпити. Підрізати торець як чисто	W160H	Різець підрізний 40x25 L=200 ДСТУГ

					КНУ.КБР.131.26.2-07.01.ТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

1	2	3	4
	Центрувати отв. А8 по ДСТУГОСТ14034-74.		ОСТ18871-73 Свердло центро- вочне 08 ДСТУ- ГОСТ14952-75
010	ТОКАРНА (ЧОРНОВА) А. Установити заготовку в патрон, закріпити, піджати заднім центром. Точити шийку під люнет Б. Установити люнет. Підрізати торець начисто Центрувати отв. А8 по ДСТУГОСТ14034-74 Свердлити отв. Ø37,25+0,73 L=100 Розсверлити отв. до Ø 43 L=22 Цекувати фаску <60 на глибину h=14 Цекувати фаску <120 на глибину h=2 Нарізати різьбу М42-7Н L=68 (90-22) А. Переустановити. Подрізати торець в розмір 1650 Центрувати отв. А8 по ДСТУГОСТ14034-74 Г.Зняти люнет. Піджати заготовку заднім центром. Точити начорно з переустановкою, оставивши припуск 5мм на діаметри: Ø 380, Ø 360 L=573; 155; Ø 320X L=432 (с 2-х кінців вала). Контроль ОТК.	165	Різець прохідний відігнутий 32x20 L=170 ДСТУ- ГОСТ18868-73 Різець підрізний 32x20 L=170 ДСТУ- ГОСТ18871-73 Свердло центро- вочне 08 ДСТУ- ГОСТ14952-75 Свердло сІ37,5 ДСТУ- ГОСТ10903-77 Свердло d43 ДСТУ- ГОСТ10903-77 Пробка Різьбова М42 ДСТУ- ГОСТ17758-82 Мітчик М42 ДСТУ- ГОСТ3266-81 Штангенциркуль ДСТУГОСТ166-80
015	СЛЮСАРНА Відділити припуск від деталі.		
020	ТОКАРНА(ЧИСТОВА) А.Установити заготовку в патроні, вивірити, закріпити, піджати заднім центром. Точити: Ø 380 на прохід Ø360Т L=155 Ø 320X L=432, витримуючи R18 фаску 3x45 по Ø360Т фаску 8x45 по Ø 320X канавку шириною В=8 глибиною h=1 витримуючи R3, R2 (див. виносний елемент І) Провести різцем осьову по Ø230 Переустановити, вивірити, піджати заднім центром. Точити	165	Резец прохідний отогнутий 32x20 L=170 ГОСТ18868-73 Різець відрізний 32x20 а=8 L=170 ДСТУ- ГОСТ18874-73 Свердло d30 ДСТУ- ГОСТ10903-77 Сверло d70 ДСТУГ

					КНУ.КБР.131.26.2-07.01.ТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

1	2	3	4
	p2 2a L=360, витримуючи R3 Ø360T L=213		ОСТ10903-77 Штангенциркуль
	(573-360) Ø 320X L=432, витримуючи R18 фаску 3x45 по Ø 360T фаску 8x45 по Ø320X Б.Установити люнет. Свердлити отв. Ø30 L=200 Розсверлити отв. Ø30 до Ø 70 L=200 Росточит виточку до Ø90 шириною В=80 (200-120), витримуючи 2R2 Розточити отв. Ø70 до Ø75,8+0,62 на прохід Розточити фаску 2x60 (<120) Нарізати різьбу М80х4-7Н L=120		Пробка різьбова М80х4 ДСТУ-ГОСТ17756-72 Різець PDJNR 3232-P15 с пластиной DNMG150612 LW MC3010 "KORLOY"
025	ФРЕЗЕРНА А.Установити деталь, закріпити. Фрезерувати 12 шліців, витримуючи Ø295х Ø320X х30(-0,14/-0,28) L=360 с 2-х сторін с переустановкою.	6642	Фреза d315 b32 z20 ДСТУ-ГОСТ6469-69 Калибр-кольцо КШ1-36163/Э
030	СЛЮСАРНА Зачистити заусенці.		
035	РОЗМІТОЧНА Розмітити: 12 отв. М20-7Н		
040	СВЕРЛИЛЬНА Установити, закріпити. Свердлити 6 отв. Ø17,35+0,53 L=45, Зенкувати 6 фасок 2x45° Нарізати різьбу 6 отв.М20-7Н L=35. Переустановити. Свердлити 6 отв. Ø17,35+0,53 L=45, Зенкувати 6 фасок 2x45° Нарізати різьбу 6 отв.М20-7Н L=35.	2 А 587	Свердло d17,4 ДСТУ-ГОСТ10903-77 Зенківка d20x90° ДСТУ-ГОСТ14953-80 2353-0112 Мітчик М20 ДСТУ-ГОСТ3266-81 Пробка різьбова М20 ДСТУ-ГОСТ17758-82
045	МАРКУВАЛЬНА Маркувати.		
050	КОНСЕРВАЦІЯ Очистити от пилу і грязі. Обути зтисненням повітрям. Змазати поверхню солідолом. Scm=4,01м2		

					КНУ.КБР.131.26.2-07.01.ТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

1.5.2 Задачі проектування. Пропозиції щодо удосконалення типового ТП:

Попереднє виконання чорнової, напівчистої та чистої токарної обробки здійснювалося на базовому універсальному токарно-гвинторізному верстаті моделі 165. Модернізація технологічного процесу шляхом заміни цього застарілого обладнання на сучасний токарний верстат із програмним керуванням моделі САТ 630 дозволить суттєво скоротити допоміжний та основний час на виконання операцій, а також досягти значно вищого рівня якості та геометричної точності оброблюваних поверхонь. З метою інтенсифікації процесу обробки отворів, розташованих із торцевої частини деталі, замість базового радіально-свердлильного верстата 2А587 пропонується впровадження високопродуктивного горизонтально-розточувального верстата W160Н. Таке технологічне рішення дозволяє повністю виключити з маршруту виготовлення трудомісткі слюсарні та розміточні операції завдяки високій точності позиціонування нового обладнання. У підсумку це призведе до суттєвого зниження загального циклу виготовлення деталі, підвищення продуктивності праці та оптимізації структури цеху за рахунок скорочення необхідного парку верстатного устаткування.

1.6 Проектування заготовки

Проектування заготовки виконуємо за ДСТУ 9182:2022 Поковки з вуглецевої і легованої сталі, виготовлені куванням на пресах. Припуски і допуски.

За таблицею 2 визначаємо основні припуски та граничні відхилення:

Для $\varnothing 320$ - 22 ± 8 мм;

Для $\varnothing 360$ - 22 ± 8 мм;

Для $\varnothing 380$ - 26 ± 8 мм.

Визначаємо основний переріз. Для валів з двома уступами вважають переріз з максимальним діаметром D_1 при умові $D_1 l_1 > D_2 (l_2 + l_3)$. В протилежному випадку основним вважають переріз, що має середній діаметр.

$380 \cdot 58 < 360 \cdot (573 + 155)$ – основний переріз – $\varnothing 360$

Назначаємо додаткові припуски за таблицею 4 на всі діаметри, окрім $\varnothing 360$:

Для $\varnothing 320$ - 2 мм;

Для $\varnothing 380$ - 2 мм.

Припуски на довжини:

На довжину 58 – $1,5 \cdot (26 \pm 8) = 97 \pm 12$;

На довжину 786 – $1,5 \cdot (22 \pm 8) = 819 \pm 12$;

На довжину 1650 – $3 \cdot (22 \pm 8) = 1716 \pm 24$.

Перевіряємо виконуваність уступів по таблиці 5:

$(382 - 344) / 2 = 22 > 17$ – уступ виконується;

$(420 - 382) / 2 = 19 > 19$ – уступ виконується.

					КНУ.КБР.131.26.2-07.01.ТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

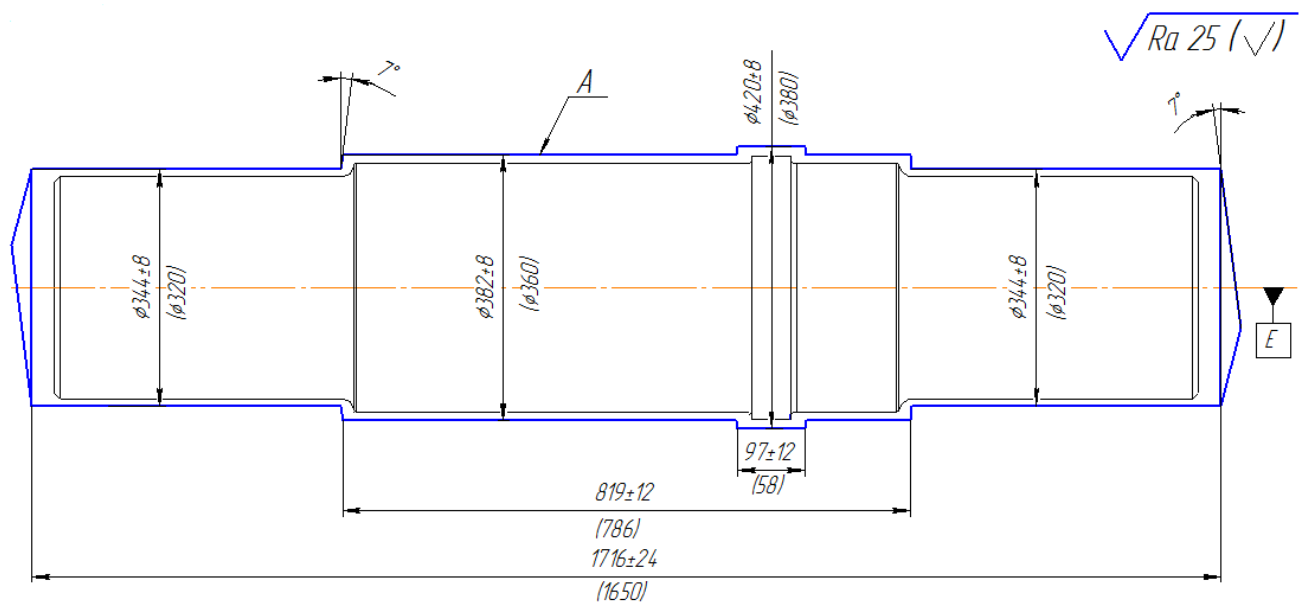


Рисунок 1.5- Креслення заготовки

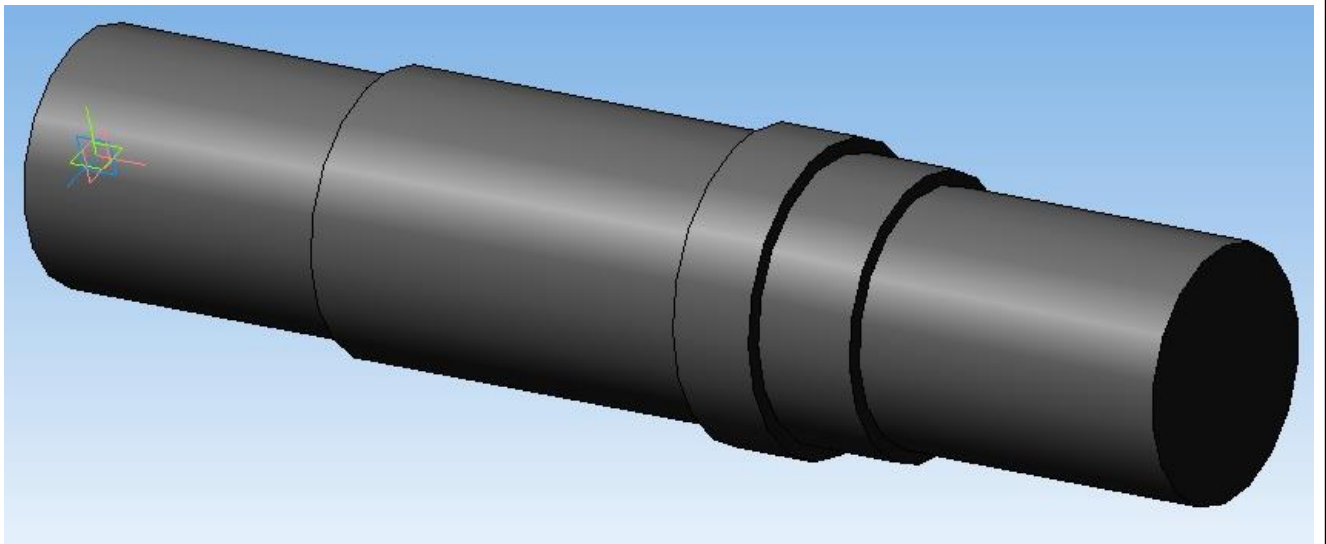


Рисунок 1.6- 3D поковка

Информация	
Файл	Редактор
Дата	22.05.2013
Документ	Деталь C:\Users\Галина Владимировна\Desktop\Илья\
Деталь	
Заданные параметры	
Материал	Сталь 35ХМ ГОСТ 4543-71
Плотность материала	$\rho = 0.007820\ \text{г/мм}^3$
Расчетные параметры	
Масса	$M = 1408305.076189\ \text{г}$
Площадь	$S = 2233131.339495\ \text{мм}^2$
Объем	$V = 180090163.195514\ \text{мм}^3$
Центр масс	$X_c = 861.291028\ \text{мм}$
	$Y_c = 0.000000\ \text{мм}$
	$Z_c = 0.000000\ \text{мм}$

Рисунок 1.7- Масово-центровочні характеристики заготовки

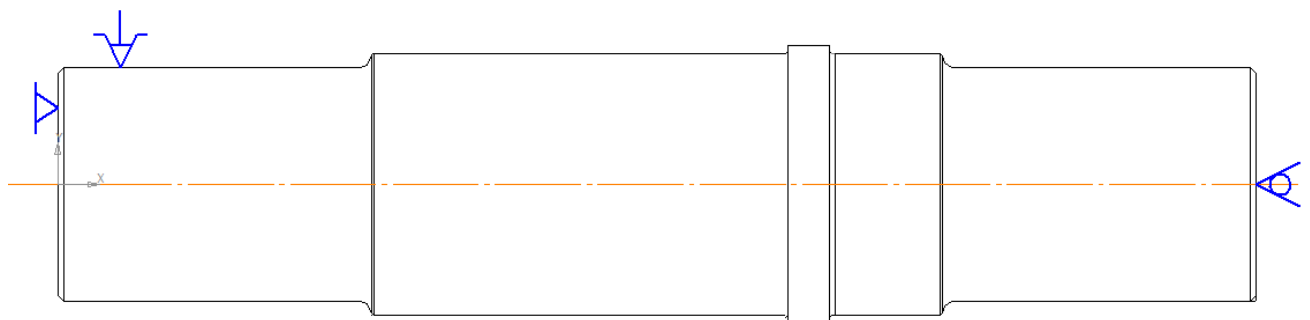
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.26.2-07.01.ТПВ

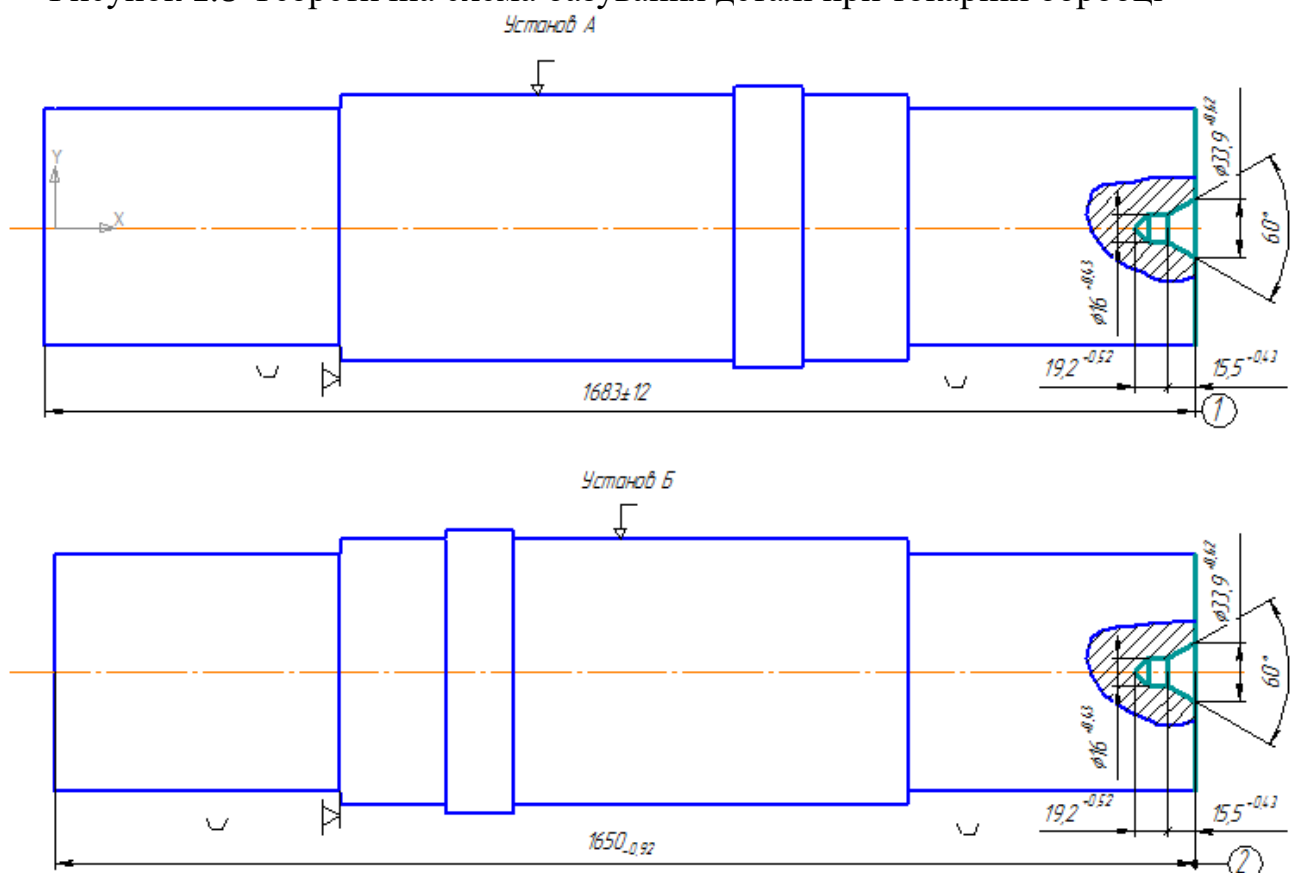
Арк.

1.7 Вибір та обґрунтування баз

Під час виконання токарної операції деталь встановлюється в трикулачковий патрон з обов'язковим упором у її торцеву частину. Відповідно до теоретичної схеми базування, представленій на рисунку 2, цей торець слугує установчою базою, яка позбавляє заготовку трьох ступенів вільності, тоді як зовнішня циліндрична поверхня виконує роль напрямної або подвійної напрямної бази, що обмежує ще два ступені вільності. На етапах горизонтально-розточувальної та свердлильної операцій, призначених для обробки поверхонь 1, 22, 23 і 24, базування здійснюється на призми із затисканням за циліндричні поверхні 4 і 19, які виконують функцію напрямної бази, а також за торцеві поверхні 5 і 18, що використовуються як установча база.



Рисунки 1.8-Теоретична схема базування деталі при токарній обробці



Рисунки 1.9- Теоретична схема базування деталі при горизонтально-розточній обробці

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-

КНУ.КБР.131.26.2-07.01.ТПВ

Арк.

Порівняльний аналіз схем, наведених на рисунках 1.9 і 1.10, свідчить про їх повну ідентичність за функціональним призначенням баз. Завдяки такому підходу в проєкті повністю реалізовано принцип суміщення баз, оскільки одні й ті самі поверхні вала одночасно визначені як конструкторські, технологічні та вимірювальні. Крім того, забезпечено суворе дотримання принципу єдності баз, оскільки фінішна обробка та більшість операцій виконуються від одного стабільного комплекту баз, що складається з центрального отвору та торця. Використання необроблених чорнових поверхонь як баз передбачено лише на першій технологічній операції, метою якої є підготовка та формування чистових технологічних баз для подальшого виробничого циклу.

1.8 Розробка маршруту обробки деталі

Таблиця 1.6- Маршрут обробки деталі

№ операції	Найменування операції	№ оброблюваної поверхні	№ базуючої поверхні	Тип модель верстата
005	Горизонтально розточна з ЧПК	2,21	7	Горизонтально-розточний з ЧПК W160H
010	Токарна чорнова з ЧПК	4,5,6,7,8,9,10, 11, 12,16,18,19	11,24	Токарний з ЧПК САТ630
015	Токарна напівчистова з ЧПК	7,8,10,6,5,4	2	Токарний з ЧПК САТ630
	Токарна чистова з ЧПК	10,9,8,7,6,5,4, 3		
020	Токарна напівчистова з ЧПК	12,16,18,19	21 4,19	Токарний з ЧПК САТ630
	Токарна чистова з ЧПК	12,13,14,15,1 6, 17,18,19,20 1,24		
025	Горизонтальна-розточна з ЧПК	22,23	8	Горизонтально-розточний з ЧПК W160H
030	Поздовжньо-фрезерна	4,19	4,21,19,2	Поздовжньо-фрезерний 6642
035	Контрольна			

1.9 Розрахунок міжопераційних розмірів і припусків на обробку

Проводимо розрахунок міжопераційних розмірів і припусків за допомогою програми Project1.

	Rz, мкм	h, мкм	Погр., мкм	Zz(min), мкм	d(min), мм	Td, мкм	d(max), мм	d(min), мм	Zz(max), мкм	Zz(min), мкм
Поковка	1000	1000	990	---	327,45	5700	333,1	327,4	---	---
Точ/фрез чер	250	240	0	5980	321,47	3600	325,1	321,5	8000	5900
Точ/фрез п/ч	125	120	0	980	320,49	570	321,07	320,5	4030	1000
Точ/фрез тон	5	5	0	490	320	57	320,057	320	1013	500

Рисунок 1.10- Кадр з програми Project, розрахунок на Ø320.

	Rz, мкм	h, мкм	Погр., мкм	Zz(min), мкм	d(min), мм	Td, мкм	d(max), мм	d(min), мм	Zz(max), мкм	Zz(min), мкм
Поковка	1000	1000	990	---	367,45	5700	373,1	367,4	---	---
Точ/фрез чер	250	240	0	5980	361,47	3600	365,1	361,5	8000	5900
Точ/фрез п/ч	125	120	0	980	360,49	570	361,07	360,5	4030	1000
Точ/фрез тон	5	5	0	490	360	89	360,089	360	981	500

Рисунок 1.11-Кадр з програми Project, розрахунок на Ø360

	Rz, мкм	h, мкм	Погр., мкм	Zz(min), мкм	d(min), мм	Td, мкм	d(max), мм	d(min), мм	Zz(max), мкм	Zz(min), мкм
Поковка	1000	1000	990	---	387,45	5700	393,1	387,4	---	---
Точ/фрез чер	250	240	0	5980	381,47	3600	385,1	381,5	8000	5900
Точ/фрез п/ч	125	120	0	980	380,49	570	381,07	380,5	4030	1000
Точ/фрез тон	5	5	0	490	380	570	380,57	380	500	500

Рисунок 1.12- Кадр з програми Project, розрахунок на Ø 380.

1.10 Розробка технологічної операції

Таблиця 1.7-Послідовність технологічних операцій

№ операції і переходів	1. Назва операції 2. Верстат 3.Зміст переходів технологічної операції	Верстатне пристосування	Інструмент (різучий, допоміжний, вимірювальний)згідно стандарту
1	2	3	4
005	Горизонтально-розточна з ЧПК Горизонтально-розточний верстат з ЧПК W160H Встановити, закріпити, зняти. 1. Підрізати торці в розмір 1ДСТУ ГОСТ 14034-74 Повернути стіл на 180° 3. Підрізати торець в розмір 2 4. Центрувати отвір А16 по ДСТУГОСТ 14034-74	Призми спеціальні; моноблок Е3471 584 2063 (SECO)	Різець підрізний 2112-0039 ДСТУ-ГОСТ 18871-73; Свердло SD203-C30-16-19.2-20R1;
010	Токарна чорнова з ЧПК Токарний верстат з ЧПК САТ630. Встановити, закріпити, притиснути заднім центром. А. 1. Точити шийку під люнет поверхню 11, в розмір 1, на довжину 2; Встановити люнет Точити начорно: 2. Точити поверхню 19, в розмір 3, на довжину 4; 3. Точити поверхню 16, в розмір 5, на довжину 6; Б. Переустановити 4. Точити поверхню 4 в розмір 7, на довжину 8; 5. Точити поверхню 7,8 в розмір 9, на довжину 10.	Трьохкулачковий патрон; задній центр Optimum MK5; різцетримач LC-C5-LC-2050-53030M (SECO); Люнет SLU-6 (SMW-AUTOBLOK)	Токарний прохідний: пластина CNMM 190616-W-R7, тримач для пластин C5-DCLNL-35060-19 (SECO)
015	Токарна напівчистова, чистова з ЧПК Токарний верстат з ЧПК САТ630. Встановити, закріпити, зняти. 1. Точити напівчисто, чисто поверхню 4 в розмір 1 на довжину 2, з фаскою 8x45°, витримуючи R18; 2. Точити напівчисто, чисто поверхню 7,8 в розмір 3,6 на довжину 4,5, з фаскою 3x45°, витримуючи R3.	Трьохкулачковий патрон задній центр Optimum MK5; різцетримач LC-C5-LC-2050-53030M (SECO).	Токарний прохідний: пластина CNMG 190616-M3, тримач для пластин C5-DCLNL-35060-19 (SECO). Токарний прохідний: пластина DNMG 150612-MF2; тримач для пластин C5-DDJNL-35060-15 (SECO).

					КНУ.КБР.131.26.2-07.01.ТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1	2	3	4
020	Токарна з ЧПК Токарний верстат з ЧПК САТ630. А. Встановити, закріпити, зняти. 1. Свердлили отвір Ø37,5 L=100 2. Розточити отвір до Ø43 L=22; 3. Точити фаску <60° L=14; 4. Точити фаску <120° L=2; 5. Нарізати різьбу М42-Н7 L=68; Б. Переустановити, закріпити, зняти 1. Свердлили отвір Ø40 L=200 2. Розточити отвір Ø40 до Ø70 L=200; 3. Розточити виточку до Ø90 В=80, витримуючи 2R2; 4. Розточити отвір Ø70 до Ø75,8^{+0,062} на прохід; 5. Розточити фаску 2x60°(<120°); 6. Нарізати різьбу М80-4-Н7 L=120.	Трьохкулачковий патрон; перехідна втулка з конусом Морзе RS-МТ-Е50-МТ4; тримач для розточних різців Е2-50х50 (Ирлен); зажимний пристрій С5-СНL-18070-22; та С5-RC-2050-00085М (SECO)	Свердла 2301-3695 та 2301-0137 за ДСТУГОСТ 10903-77; тримачі пластин: А32S-PDUNL 11, А32S-PDYNL 11 пластина DNMG 110412-MF2 (SECO).
025	Горизонтально-розточна з ЧПК Горизонтально-розточний верстат з ЧПК W160Н. А. Встановити, закріпити, зняти. 1. Сверлити 6 отворів Ø17,35^{+0,53} L=45; 2. Зенкувати 6 фасок 2x45°; 3. Нарізати 6 різьб М20-Н7 L=35 Б. Повернути стіл на 180° 4. Сверлити 6 отворів Ø17,35^{+0,53} L=45; 5. Зенкувати фаску 2x45°; 6. Нарізати 6 різьб М20-Н7 L=35	Трьохкулачковий патрон; перехідна втулка з конусом Морзе RS-МТ-Е50-МТ4; тримач для розточних різців Е2-50х50 (Ирлен); зажимний пристрій С5-СНL-18070-22; та С5-RC-2050-00085М (SECO)	Свердло 2301-3614 за ДСТУГОСТ 10903-77; зенківка 2353-0112 за ДСТУГОСТ 14953-80; мітчик М20 за ДСТУГОСТ3266-81
030	Поздовжньо-фрезерна Поздовжньо-фрезерний верстат 6642 А. Встановити, закріпити, зняти. 1. Фрезерувати 12 шліців витримуючи Ø295a11xØ320f7x30c11 L=267,5 з обох боків з переустановкою.	Трьохкулачковий патрон 7100-0051 за ДСТУГОСТ 2675-80; задній центр Optimum МК5; стіл поворотний (BISON) 375911160300	Фреза дискова шліцева ГОСТ 6678-53 12 x 295 x 320 x 30 (із центруванням по зовнішньому діаметру D)

					КНУ.КБР.131.26.2-07.01.ТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Фрагмент САПР технологічного процесу

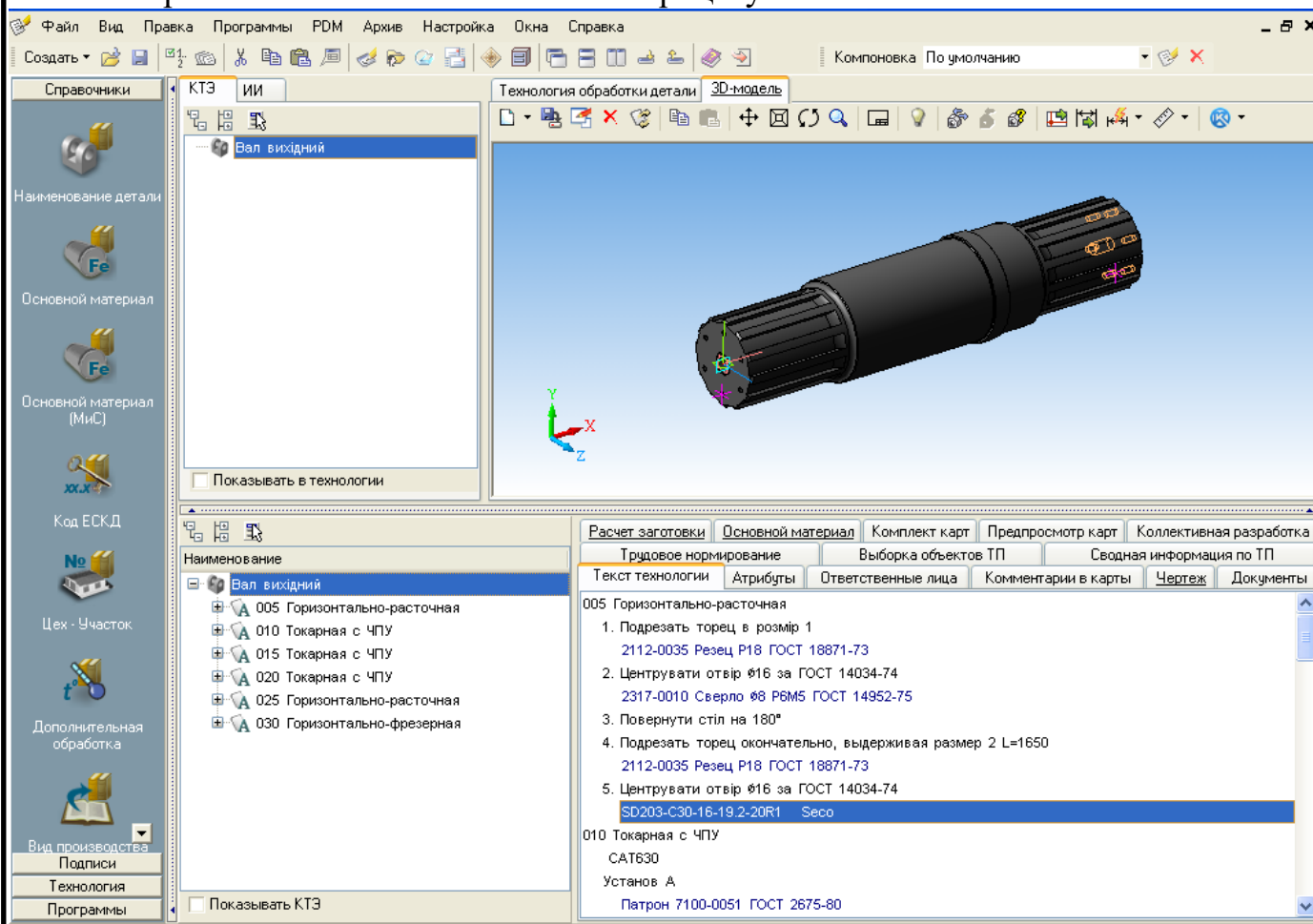


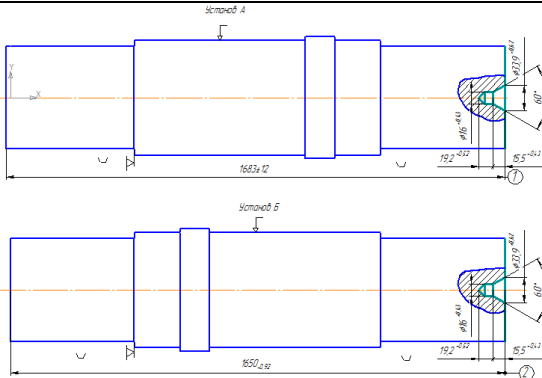
Рисунок 1.13- Розробка технологічних карт в САПР

1.11 Розрахунок і вибір режимів різання, нормування технологічних операцій

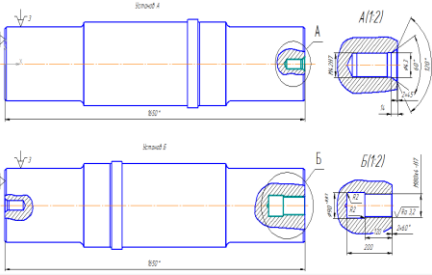
Режими різання та нормування виконуємо табличним методом [13].

					КНУ.КБР.131.26.2-07.01.ТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

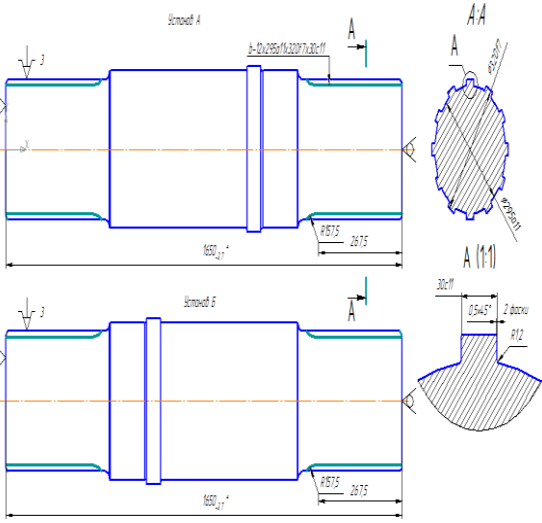
Таблиця 1.8-Режими різання і норми часу на технологічні операції

№	1. Назва операції 2. Верстат 3. Зміст переходів	Ескізи	Інстру- мент	D	l	t	S	V	n	i	T _o	T _{мд}	T _{оп}	T _{відп} +T _{обсл}	T _{шт}	T _{шт-к}				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17				
005	Горизонтально-розточна Горизонтально-розточний верстат з ЧПК W160N Встановити, закріпити, зняти. 1. Підрізати торці в розмір 1. 2. Центрувати отвір A16 по ГОСТ 14034-74 Повернути стіл на 180° 3. Підрізати торець в розмір 2 4. Центрувати отвір A16 по ГОСТ 14034-74		Різець підрізний 2112-0039 за ДСТУГОСТ 18871-73; пластина 4313 ДСТУГОСТ 2379-77 Свердло центровочне SD203-C30-16-19,2-20R1, моноблок E3471-584-2063	16	320	16	34,7	33	0,6	2,71	4	2	73,75	0,3	73,75	0,4	148,1	17,7	166,2	166,28

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
010	Токарна чорнова Токарний верстат з ЧПК САТ630. Встановити, закріпити, притиснути заднім центром. А. 1. Точити шийку під люнет поверхню 11, в розмір 1, на довжину 2; Встановити люнет Точити начорно: 2. Точити поверхні 16,19, витримуючи розміри 3,4,5,6. Б. Переустановити 4. Точити поверхні 4,7,8 витримуючи розміри 7,8,9,10.		Токарний прохідний: пластина CNMM 190616-W-R7, тримач для пластин C5-DCLNL-35060-19; люнет SLU-6 (SMW-AUTOBLOK)	365,1	325,1-1,4	365,1	325,1-1,4	380	100	20	1,2	130	108,95	2	6,26		
				582	423-0,4	164	423-0,4										
				9,5	9,5	9,5	9,5										
				1,2	1,2	1,2	1,2										
				130	130	130	130										
				115	129,37	115	129,37										
				1	1	1	1										
				36,12	35,07	10,18	35,07										
				0,6													
				123,3													
				9,86													
				133,76													
				133,79													

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	1	
020	Токарна розточна з ЧПК Токарний верстат з ЧПК САТ630. А. Встановити, закріпити, зняти. 6. Свердлили отвір Ø37,5 L=100 7. Розточити отвір доØ43 L=22; 8. Точити фаску <60° L=14; 9. Точити фаску <120° L=2; 10. Нарізати різьбу M42x4-H7 L=68; Б. Переустановити, за- кріпити, зняти 7. Свердлили отвір Ø40 L=200 8. Розточити отвір Ø40 до Ø70 L=200; 9. Розточити виточку до Ø90 В=80, витримуючи 2R2; 10. Розточити отвір Ø70 до Ø75,8^{+0,062} на прохід; 11. Розточити фаску 2x60°(<120°); 6. Нарізати різьбу M80x4- H7 L=120.		Свердла 2301-3695 та 2301-0137 за ГОСТ 10903-77; тримачі пластин: A32S- PDUNL 11, A32S-PDYNL 11 пластина DNMG 110412-MF2.	80	75,8	75,8	90	70	40	42	43	43	43	43	22	100	37,5
				120	2	120	80	200	200	68	2	14	22	100	37,5	100	37,5
				2,1	2	2,9	10	15	20	2,25	5	6	2,75	18,75	18,75	18,75	18,75
				4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,4	4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
				155	54,2	54,2	64,5	50	26,8	150	450	450	26,8	26,8	26,8	26,8	26,8
				617	228	228	228	228	227,6	1137,4	398	398	227,6	227,6	227,6	227,6	227,6
				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
				3,84	0,03	1,63	1,3	2,52	4,16	1,14	0,02	0,1	0,17	1,95	1,95	1,95	1,95
				1,5													
				73,35													
				5,9													
				80,75													
				80,8													

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	1				
025	Горизонтально-розточна Горизонтально-розточний верстат з ЧПК W160H. А. Встановити, закріпити, зняти. 1. Сверлити 6 отворів $\varnothing 17,35^{+0,53}$ L=45; 2. Зенкувати 6 фасок 2x45°; 3. Нарізати 6 різьб M20x2- H7 L=35 Б. Повернути стіл на 180° 4. Сверлити 6 отворів $\varnothing 17,35^{+0,53}$ L=45; 5. Зенкувати фаску 2x45°; 6. Нарізати 6 різьб M20x2- H7 L=35		Свердло 2301-3614 за ДСТУГОСТ 10903-77; зенківка 2353-0113; мітчик М20 за ДСТУГОСТ3266-81	20	17,35	17,35	17,35	20	35	1,325	2	0,27	31,4	500	1	0,28	0,4	0,07	1	0,4
				35	2	45	2	8,675	2	0,27	18	26,2	329	479,5	1	1	1	1	1	
				1,325	2	8,675	2	0,27	18	26,2	329	479,5	500	1	1	1	1	1	1	
				2	0,27	18	26,2	329	479,5	500	1	0,28	0,4	0,07	1	0,4	0,07	1	0,4	
				31,4	18	26,2	329	479,5	500	1	0,28	0,4	0,07	1	0,4	0,07	1	0,4	0,07	
				500	329	479,5	500	329	479,5	500	329	479,5	500	329	479,5	500	329	479,5	500	
				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
				0,28	0,07	0,4	0,07	0,4	0,07	0,4	0,07	0,4	0,07	0,4	0,07	0,4	0,07	0,4	0,07	
				6																
				9																
				0,72																
				15,72																
				15,74																

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	1	
030	Фрезерна Продольно-фрезерний верстат 6642 А. Встановити, закрі- пити, зняти. 1. Фрезерувати 12 шліців витримуючи Ø295a11x xØ320f7 x 30с11 L=267,5 з обох боків з переустано- кою.		Фреза дискова шліцева ГОСТ 6678-53 12 x 295 x 320 x 30 (із центруван- ням по зовнішньому діаметру D)	320	267,5	12,5	0,18	31	31,3	1	2,52	1,5	6,54	0,5	8,54	8,55	

2 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ САМ-СИСТЕМИ FEATURERCAM

Розробку інструментального налагодження проводимо на операцію чорнового точіння зовнішньої циліндричної поверхні. Операцію проводимо на токарному верстаті з ЧПК моделі САТ 630.

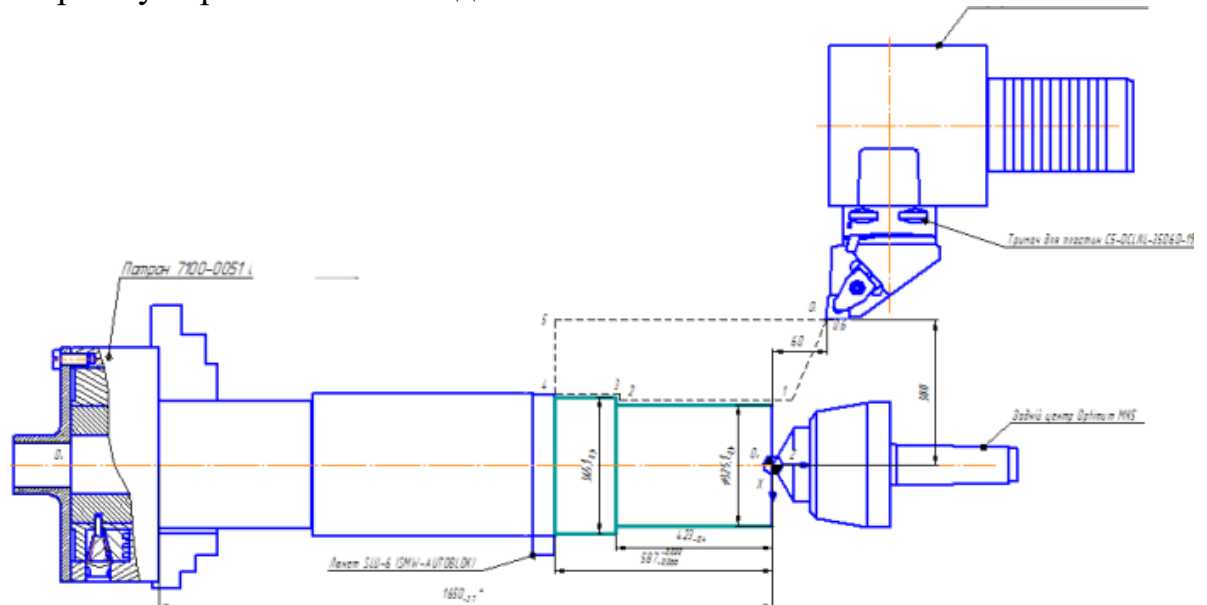


Рисунок 2.1 – Ескіз операції для якої виконується налагодження

Базова модель: САТ630

Клас точності - В (висока точність).

Точнісні параметри: біття посадкового конуса шпинделя - до 6 мкм;
некрутлість оброблюваних циліндричних поверхонь - до 2 мкм.

Технічні характеристики:

Найбільший діаметр оброблюваного виробу, мм:

- Над станиною 720

- Над супортом 560

Номінальний відстань між центрами, мм 1000, 1500, 2500

Максимальне переміщення супорта, мм:

- По осі «X» 400

- По осі «Z» 1100, 1600, 2600

- По осі «Y» ± 55 (± 65 *)

Максимальна вага оброблюваної деталі, кг:

- У патроні 300

- У центрах 800

Діаметр отвору в шпинделі, мм 102 (166 *)

Межі частот обертання шпинделя, перемикаються автоматично, об / хв. 35-875; 140-3000 (140 -2200 *)

					КНУ.КБР.131.26.2-07.02.МПОМО		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Олексієнко				МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ САМ-СИСТЕМИ	Літ.	Арк.
Перевірів	Цивінда						
Т. Контр.						Каф.ТМ гр ПМ-23ск	
Н. Контр.	Нечасв						
Затверд.	Рязанцев						

Потужність головного приводу, кВт 30 (37 *)

Максимальний обертовий момент на шпинделі, Нм 1628 (1712 *)

Швидкість робочих подач супорта:

- По осі «X», мм / хв 1-6000
- По осі «Z», мм / хв 1-6000
- По осі «C» шпинделя, об / хв 0,1-10

Швидкість швидких переміщень супорта, мм / хв:

- По осі «X» 15000
- По осі «Z» 20000

Максимальне тягове зусилля, кгс:

- По осі «X» 1357
- По осі «Z» 1357

Вісь «C»:

- Максимальна швидкість обертання шпинделя, об / хв. 17
- Крутний момент, Нм 300
- Потужність, кВт 1,26

Діаметр циліндричного хвостовика інструментального блоку по DIN69880, мм 50

Розміри гнізда для інструменту, мм 32x25

Потужність приводу обертового інструменту, кВт до 7

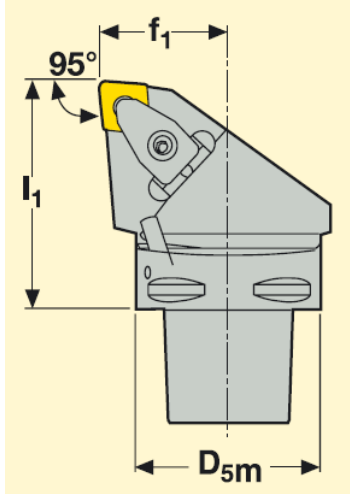
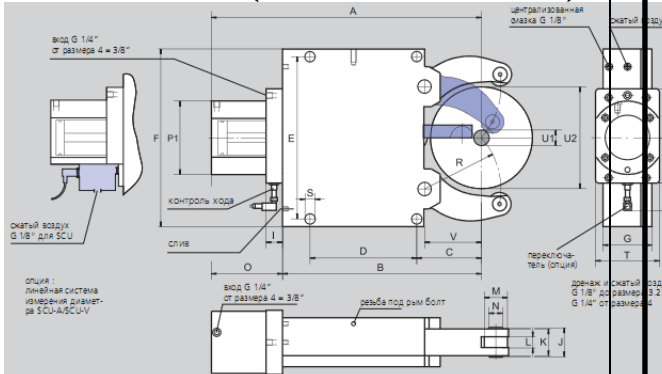
Максимальний обертовий момент, Нм 55

Швидкість обертання інструменту, об / хв до 5000

На замовлення оснащується інструментальними блоками, ріжучим інструментом фірм «Sandvik Coromant», «Iscar».

					КНУ.КБР.131.26.2-07. 02.МПОМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

Таблиця 2.1 – Вибір допоміжного інструменту

Мета- лорізальний верстат	Різальний інструмент	Допоміжний інструмент
Токарний верстат з ЧПК CAT630	Токарний прохідний: пластина CNMM 190616- W-R7,  тримач для пластин C5-DCLNL-35060-19 	Різцетримач LC-C5-LC-2050- 53030M  Люнет SLU-6 (SMW-AUTOBLOK) 

Проект передбачає розробку керуючої програми для виконання зовнішньої токарної обробки вала, яка реалізується за два технологічні установи. Зазначена операція виконується на токарному верстаті з числовим програмним керуванням моделі CAT630, обладнаному сучасною системою керування Fanuc. Мова програмування цієї системи базується на міжнародному стандарті ISO 7-bit із застосуванням уніфікованих G-кодів. Фіксація та закріплення заготовки на верстаті здійснюються у трикулачковому патроні з обов'язковим підтисканням заднім центром, що обумовлено конструктивним співвідношенням довжини деталі до її діаметра, яке перевищує нормативне значення три і фактично становить 4,6.

За умов реального виробництва таке технологічне рішення вимагає обов'язкового передбачення в керуючій програмі операції торцювання лише до діаметра 20...30 мм з метою запобігання небезпечному зіткненню чи врізанню різального інструменту в елементи заднього центра. Проте з навчальною метою, а також для підвищення загальної наочності під час

					КНУ.КБР.131.26.2-07. 02.МПМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

комп'ютерної симуляції та верифікації процесу механічної обробки, цей обмежувальний фактор у даному проєкті до уваги не береться. Натомість формоутворення та обробка поверхонь виконуються безпосередньо до геометричної осі деталі без врахування фізичної наявності елементів центра. Основні параметри та налаштування постпроцесора, використані під час генерації коду, представлені на рисунку 2.1. Виходячи з максимальних габаритних розмірів оброблюваної заготовки, положення точки безпечної зміни різального інструменту задано за координатами X450 та Z125.

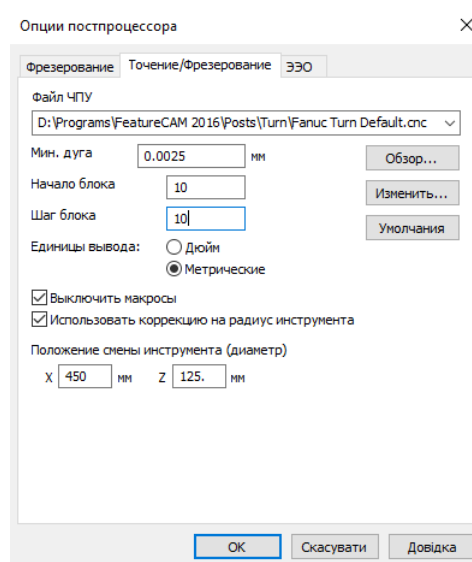


Рисунок 2.2 – Опції постпроцесора

На першому установі точимо лівий бік до найбільшого діаметру 380 мм на довжину 1063 мм для забезпечення максимальної жорсткості на першій чорновій операції.

Заготовкою вала є поковка, розміри якого визначаємо виходячи з припусків на механічну обробку: призначаємо припуск на максимальний діаметр (380 мм) 10 мм, на торці – 10 мм сумарно. Звідки розміри заготовки: Ø390 мм, L = 1660 мм.

Імпортуємо в проєкт модель деталі для пришвидшення розробки керуючої програми за рахунок автоматизації створення керуючих кривих та елементів. Результат наведено на рисунку 2.2.

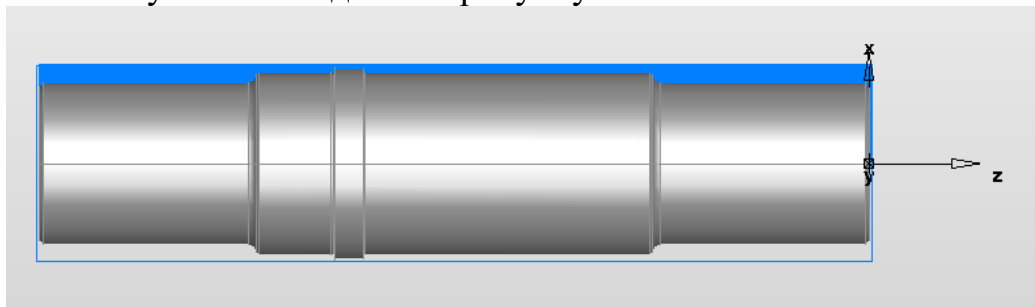


Рисунок 2.3 – Імпорт деталі у Autodesk FeatureCAM

Розробляємо операції першого установка:

1) підрізання торця (припуск 5 мм);

					КНУ.КБР.131.26.2-07. 02.МПМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

2) точіння зовнішніх циліндричних поверхонь з підрізанням фасок.

Найточніший квалітет деталі — IT6, найменша шорсткість — Ra 3,2. Отже, всі поверхні отримуються чистовим точінням.

Криві для точіння зображено на рисунку 2.4, результат обробки – на рис. 2.5, траєкторії переміщень інструментів – рис. 2.6.

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 2.4 – Крива для точіння на першому установі

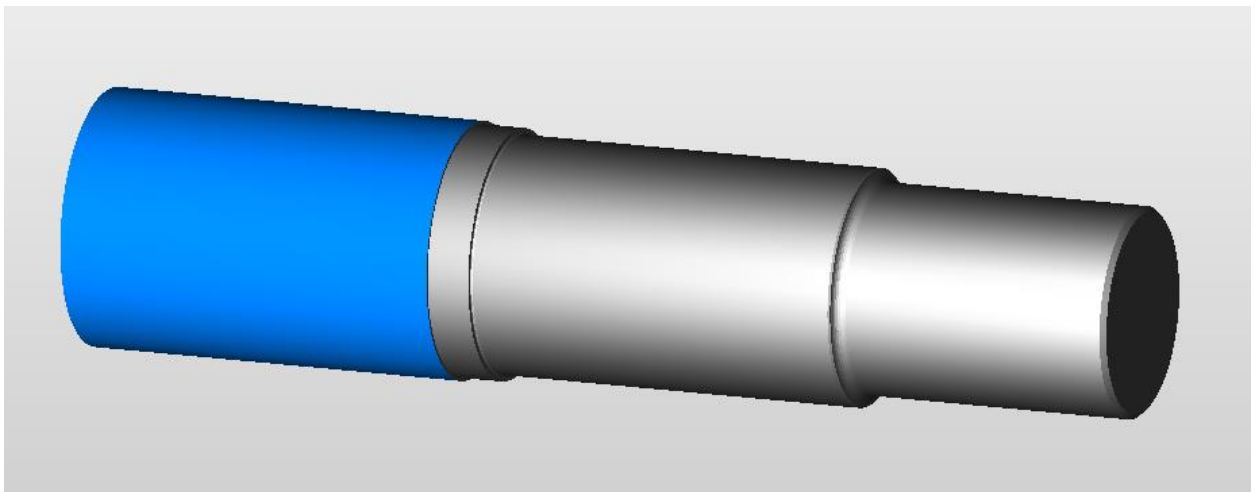


Рисунок 2.5 – Результат обробки першого установка

					КНУ.КБР.131.26.2-07. 02.МПМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

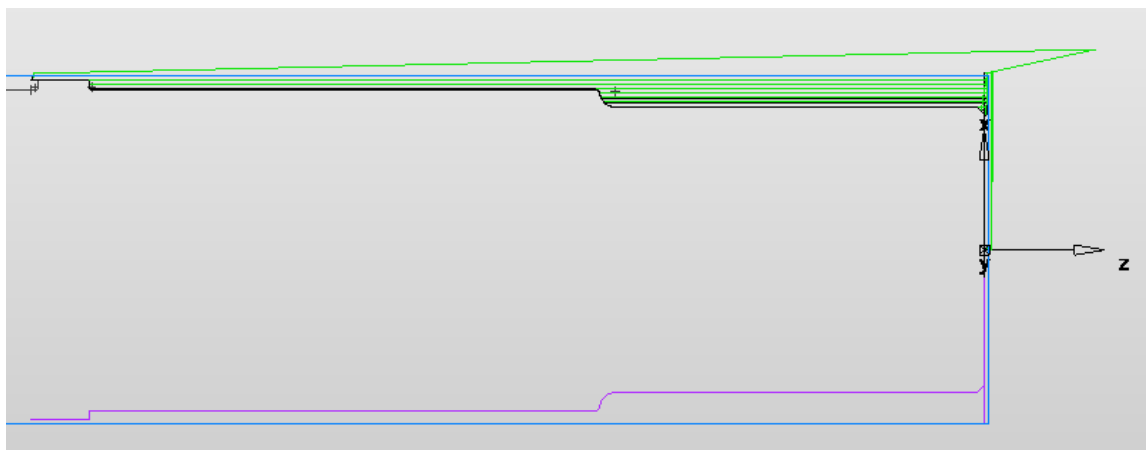


Рисунок 2.6 – Траєкторії переміщень інструментів на першому установі

Розробляємо операції другого установу:

- 1) підрізання торця (припуск 5 мм);
- 2) точіння зовнішніх поверхонь з підрізанням фасок;
- 3) прорізання канавки.

Криві для обробки наведені на рисунку 2.7.



Рисунок 2.7 – Криві для точіння на другому установі

Результат обробки другого установу наведено на рис. 2.8, траєкторії переміщень інструментів – рис. 2.9, перелік створених операцій з режимами різання – рис. 2.10.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-

КНУ.КБР.131.26.2-07. 02.МПОМО

Арк.

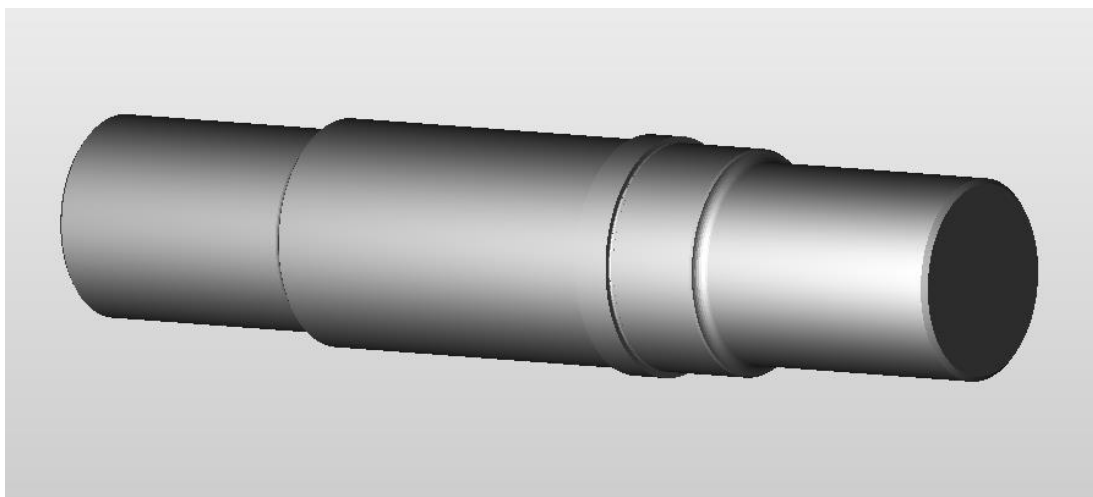


Рисунок 2.8 – Результат обробки другого установка

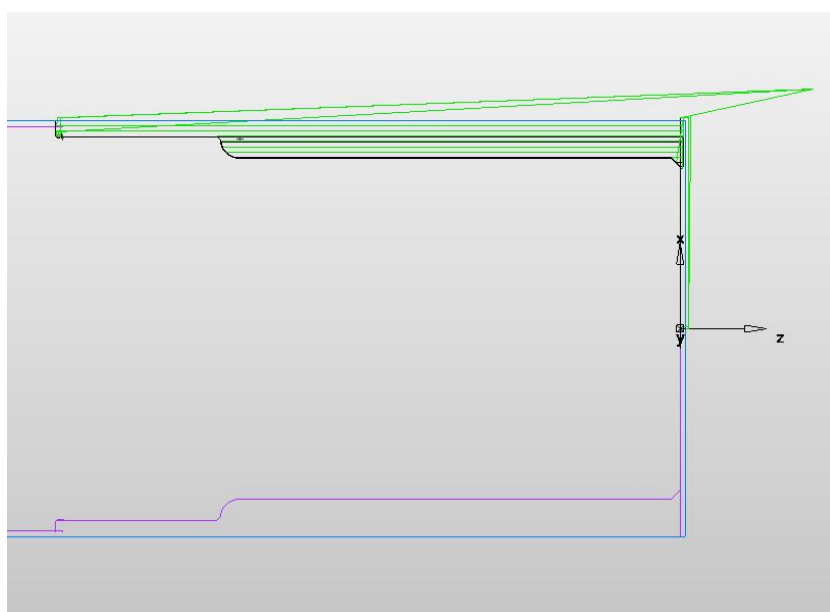


Рисунок 2.9 – Траєкторії переміщень інструментів на другому установі

Операція	Елемент	Інструмент	Подача	Скорість	Глибина
чирн. проход 1	торець1	SW_Tum_80...	0.381 мм/об	171 м/мин	ЧС 195.000 мм
чирт.	торець1	* SW_Tum_80...	0.152 мм/об	247 м/мин	ЧС 195.000 мм
чирн. проход 1	точіння1	SW_Tum_80...	0.381 мм/об	171 м/мин	ЧС 39.000 мм
чирт.	точіння1	* SW_Tum_80...	0.152 мм/об	247 м/мин	ЧС 39.000 мм
с_остановом	с_остановом1				
чирн. проход 1	торець2	SW_Tum_80...	0.381 мм/об	171 м/мин	ЧС 195.000 мм
чирт.	торець2	* SW_Tum_80...	0.152 мм/об	247 м/мин	ЧС 195.000 мм
чирн. проход 1	точіння2	SW_Tum_80...	0.381 мм/об	171 м/мин	ЧС 39.000 мм
чирт.	точіння2	* SW_Tum_80...	0.152 мм/об	247 м/мин	ЧС 39.000 мм
чирн. проход 1	канавка2	Копия SW_Gr...	0.381 мм/об	171 м/мин	ЧС 3.000 мм

Рисунок 2.10 – Перелік створених операцій

Розробимо симуляцію обробки на верстаті – на рис. 2.11, 2.12.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-

КНУ.КБР.131.26.2-07. 02.МПОМО

Арк.

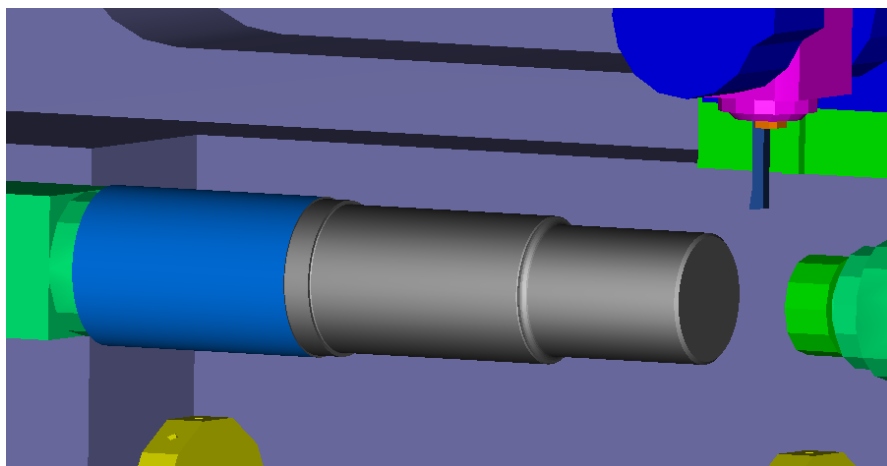


Рисунок 2.11 – Симуляція обробки на верстаті першого установа

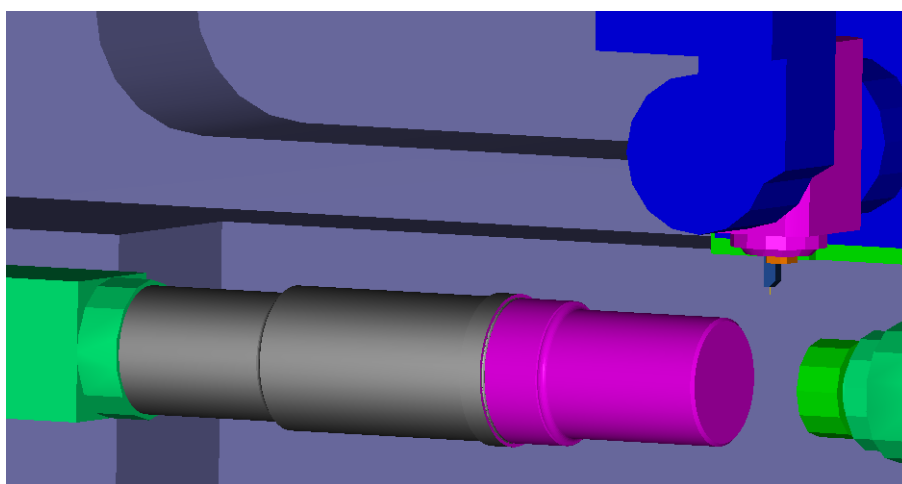


Рисунок 2.12 – Симуляція обробки на верстаті другого установа

Після моделювання обробки генеруємо керуючу програму, фрагмент якої наведено на рис. 2.13. Загальна кількість кадрів – 122. Машинний час обробки – 3 год 29 хв 20 с.

```
%
O0001( Val)
N30 G21 G40
N40 G28 U0
N50 G28 W0
( OPERATION: ROUGH FACE )
N70 T101
N80 G50 S3000
N90 G96 S365 M3
N100 G0 X396.0 Z0.5 M8
N110 G1 X0. F0.381
N120 Z5.0
N130 X0.707 Z5.354
N140 G0 Z8.0
( OPERATION: FINISH FACE )
N160 G0 X396.0
N170 G50 S3000
N180 G96 S487
N190 G0 X396.0 Z8.0 M8
N200 Z0.
N210 G1 X0. F0.152
N220 X4.243 Z2.121
N230 G0 Z8.0
```

Рисунок 2.13 – Фрагмент згенерованої керуючої програми

					КНУ.КБР.131.26.2-07. 02.МПМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

Додатково перевіримо створену керуючу програму у програмному забезпеченні CIMCO Edit. Траєкторії переміщень інструментів першого установу наведено на рис. 2.14, другого – 2.15, твердотільна верифікація – 2.16.

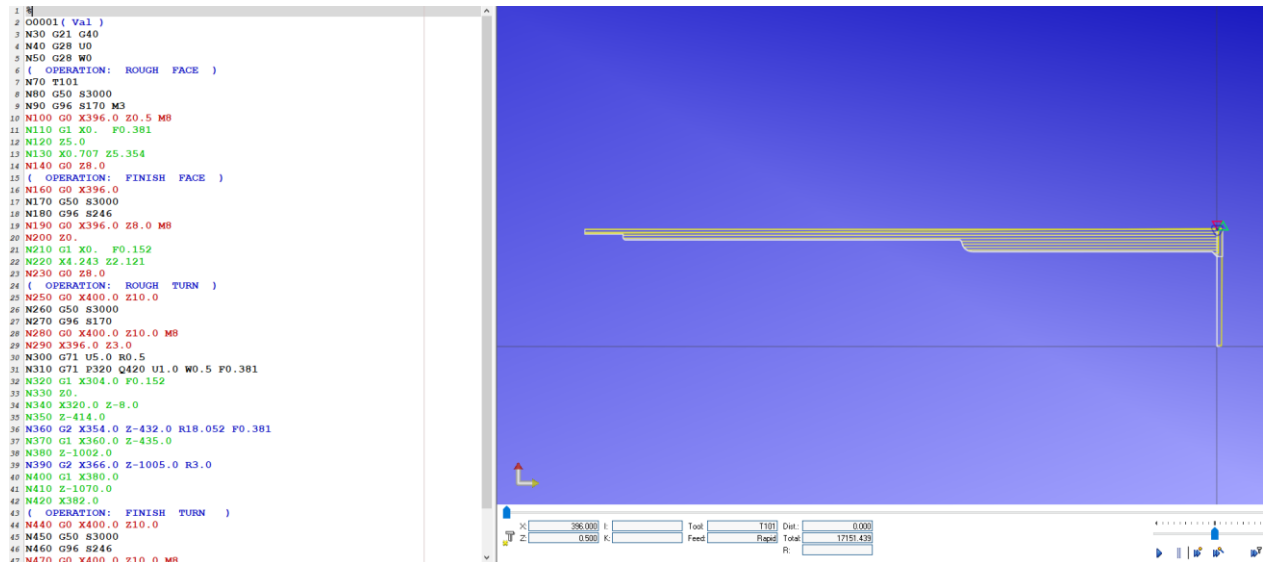


Рисунок 2.14 – Траєкторії переміщень інструментів першого установу у CIMCO Edit

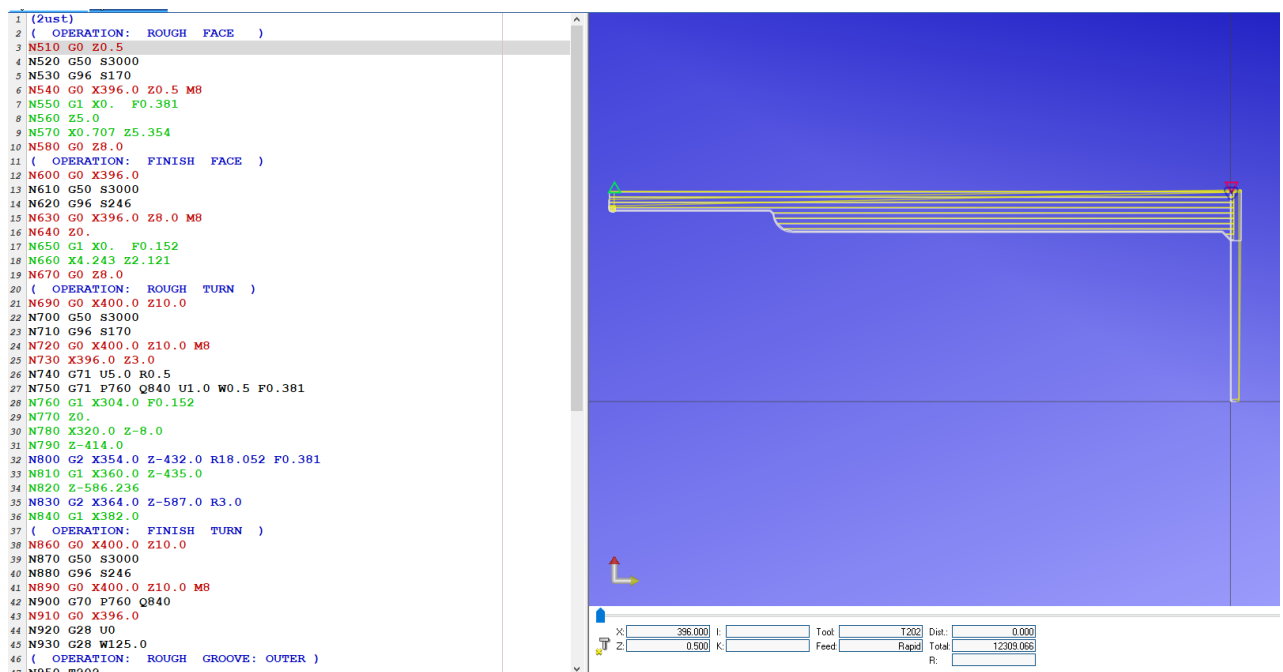


Рисунок 2.15 – Траєкторії переміщень інструментів другого установу у CIMCO Edit

					КНУ.КБР.131.26.2-07. 02.МПОМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

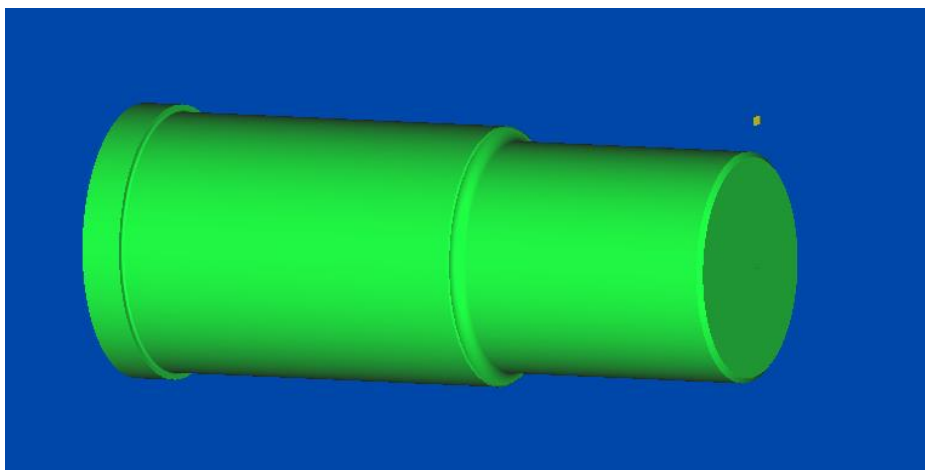


Рисунок 5.16 – Твердотільна верифікація обробки другого установу у CIMCO Edit

ПОВНИЙ ТЕКСТ КП

%	(OPERATION: ROUGH FACE)	N1110
O0001(Val)		X366.0 OPERATION: FINISH
N30 G21 G40	N510 G0 Z0.5	TURN)
N40 G28 U0	N520 G50 S3000	N860 G0 X400.0 Z10.0
N50 G28 W0	N530 G96 S170	N870 G50 S3000
(OPERATION: ROUGH FACE)	N540 G0 X396.0 Z0.5 M8N550 G	N880 G96 S246
N70 T101	1 X0. F0.381	N890 G0 X400.0 Z10.0 M8
N80 G50 S3000	N560 Z5.0	N900 G70 P760 Q840
N90 G96 S170 M3	N570 X0.707 Z5.354	N910 G0 X396.0
N100 G0 X396.0 Z0.5 M8	N580 G0 Z8.0	N920 G28 U0
N110 G1 X0. F0.381	(OPERATION: FINISH FACE)	N930 G28 W125.0
N120 Z5.0	N600 G0 X396.0	(OPERATION: ROUGH
N130 X0.707 Z5.354	N610 G50 S3000	GROOVE: OUTER)
N140 G0 Z8.0	N620 G96 S246	N950 T202
(OPERATION: FINISH FACE)	N630 G0 X396.0 Z8.0 M8	N960 G50 S3000
N160 G0 X396.0	N640 Z0.	N970 G96 S170 M3
N170 G50 S3000	N650 G1 X0. F0.152	N980 G0 X370.0 Z-580.99 M8
N180 G96 S246	N660 X4.243 Z2.121	N990 G1 X360.0 F0.381
N190 G0 X396.0 Z8.0 M8	N670 G0 Z8.0	N1000 G0 X370.0
N200 Z0.	(OPERATION: ROUGH TURN)	N1010 Z-582.582
N210 G1 X0. F0.152	N690 G0 X400.0 Z10.0	N1020 G1 X358.0
N220 X4.243 Z2.121	N700 G50 S3000	N1030 G0 X370.0
N230 G0 Z8.0	N710 G96 S170	N1040 Z-584.174
(OPERATION: ROUGH TURN)	N720 G0 X400.0 Z10.0 M8	N1050 G1 X358.01
N250 G0 X400.0 Z10.0	N730 X396.0 Z3.0	N1060 G0 X370.0
N260 G50 S3000	N740 G71 U5.0 R0.5	N1070 Z-585.766
N270 G96 S170	N750 G71 P760 Q840 U1.0 W0.5	N1080 G1 X359.15
N280 G0 X400.0 Z10.0 M8	F0.381	N1090 G0 X370.0
N290 X396.0 Z3.0	N760 G1 X304.0 F0.152	N1100 Z-580.99
N300 G71 U5.0 R0.5	N770 Z0.	
N310 G71 P320 Q420 U1.0 W0.5	N780 X320.0 Z-8.0	N1120 G1 X360.0
F0.381	N790 Z-414.0	N1130 G2 X358.0 Z-581.99 R1.0
N320 G1 X304.0 F0.152	N800 G2 X354.0 Z-432.0 R18.052	N1140 G0 X370.0
N330 Z0.	F0.381	N1150 Z-587.0
N340 X320.0 Z-8.0	N810 G1 X360.0 Z-435.0	N1160 G1 X364.0
N350 Z-414.0	N820 Z-586.236	N1170 G3 X358.0 Z-584.0 R3.0
N360 G2 X354.0 Z-432.0 R18.052	N830 G2 X364.0 Z-587.0 R3.0	N1180 G1 Z-581.99
	N840 G1 X382.0	N1190 G0 X396.0
		N1200 G28 U0

F0.381 N370 G1 X360.0 Z-435.0 N380 Z-1002.0 N390 G2 X366.0 Z-1005.0 R3.0 N400 G1 X380.0 N410 Z-1070.0 N420 X382.0 (OPERATION: FINISH TURN) N440 G0 X400.0 Z10.0 N450 G50 S3000 N460 G96 S246 N470 G0 X400.0 Z10.0 M8 N480 G70 P320 Q420 N490 G0 X396.0 N500 M00 (2ust)	(	N1210 G28 W0 N1220 M30 %
--	---	--------------------------------

					КНУ.КБР.131.26.2-07. 02.МПОМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ПІДГОТОВКА

3.1 Проектування спеціального верстатного пристосування.

Спеціальне пристосування для обробки деталі вал на горизонтально-розточну операцію 025.

Технічне завдання:

1. Деталь вал являється рухомою частиною редуктора 3519.

2. 040 4261 Горизонтально-розточна

2.1. Сверлити 6 отворів $\varnothing 17,35^{+0,53}$ L=45;

2.2. Зенкувати 6 фасок $2 \times 45^\circ$;

2.3. Нарізати 6 різьб M20-H7 L=35

Б. Повернути стіл на 180°

2.4. Сверлити 6 отворів $\varnothing 17,35^{+0,53}$ L=45;

2.5. Зенкувати фаску $2 \times 45^\circ$;

2.6. Нарізати 6 різьб M20-H7 L=35

Обробка деталі здійснюється на горизонтально-розточному верстаті свердлом 2301-3614 за ДСТУГОСТ 10903-77; зенківкою 2353-0112 за ДСТУГОСТ 14953-80; мітчиком M20 за ДСТУГОСТ 3266-81;

3. Горизонтально-розточний верстат з ЧПК моделі W160H.

4. Річна програма випуску 300 шт.

5. Режимі різання

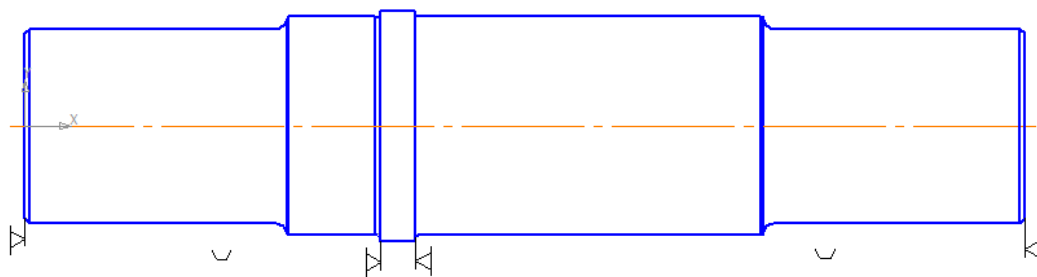
Таблиця 3.1. – Режимі різання

Переходи	Інструмент	D мм	l мм	t мм	S_M мм/хв	v м/хв	n об/хв
1. Сверлити 6 отворів	Свердло 2301-	17,35	45	8,675	0,27	26,2	479,5
$\varnothing 17,35^{+0,53}$ L=45; 2. Зенкувати 6 фасок $2 \times 45^\circ$; 3. Нарізати 6 різьб M20x2-H7 L=35 Б. Повернути стіл на 180° 4. Сверлити 6 отворів $\varnothing 17,35^{+0,53}$ L=45; 5. Зенкувати фаску $2 \times 45^\circ$; 6. Нарізати 6 різьб M20x2-H7 L=35	3614 за ДСТУГОСТ 10903-77; зенківка 2353-0113 за ДСТУГОСТ 14953-80; мітчик M20 за ДСТУГОСТ 3266-81	17,35	2	2	0,27	18	329
		20	35	1,325	2	31,4	500
		17,35	45	8,675	0,27	26,2	479,5
		17,35	2	2	0,27	18	329
		20	35	1,325	2	31,4	500

					КНУ.КБР.131.26.2-07.03.КП		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Олексієнко				КОНСТРУКТОРСЬКА ПІДГОТОВКА	Літ.	Арк.
Перевірів	Цивінда						Аркуші
Т. Контр.							
Н. Контр.	Нечаєв					Каф.ТМ гр ПМ-23ск	
Затверд.	Рязанцев						

6. Теоретична схема базування

Установ Б



Установ А

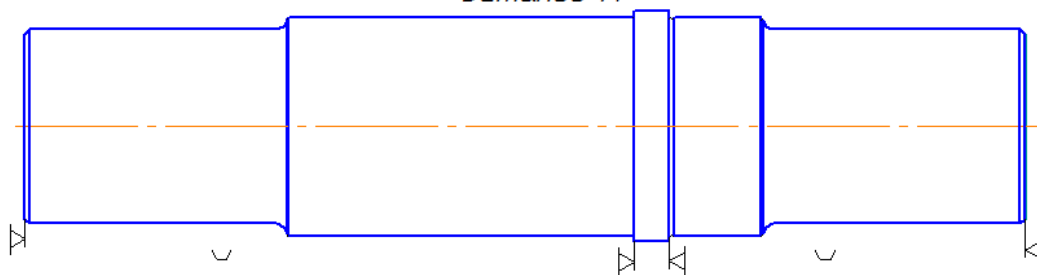


Рисунок 3.1 – Теоретична схема базування

Розрахунок пристосування на точність

В якості установочних елементів використовуються призми.

Точність пристосування:

$$\varepsilon_{np} \leq T - k \sqrt{(k_{T1} \cdot \varepsilon_{\delta})^2 + \varepsilon_z^2 + \varepsilon_{\theta}^2 + \varepsilon_{zn}^2 + (k_{T2} \cdot \omega)} \quad (3.1)$$

де T - допуск виконуємого розміру $T=265$ мкм;

$\varepsilon_{\delta}, \varepsilon_{\theta}, \varepsilon_{zn}, \varepsilon_z$ - похибки: базування, встановлення, закріплення та зносу;

ω - економічна точність обробки 0,1 для свердління по 14 квалітету;

k_{T1} - коефіцієнт враховуючий зменшення граничного значення похибки базування при роботі на настроєному верстаті 0,8;

k_{T2} - коефіцієнт враховуючий долю похибки обробки в сумарній похибці, викликаємої факторами не залежними від обробки 0,7;

k - коефіцієнт враховуючий відхилення розсіювання значень складових величин від закону нормального розподілення 1,1.

Похибка базування встановлення деталі в призмах. При фрезеруванні поверхонь, буде впливати тільки переміщення заготовки в поперечному напрямку:

$$\varepsilon_{\delta} = 0,5 \cdot ITd \left(\frac{1}{\sin \alpha} - 1 \right) \quad (3.2)$$

де $\sin \alpha/2$ – кут нахилу призми 90° ;

ITd – допуск на розмір заготовки, після токарної чистової обробки допуск поверхні 0.057 мм.

					КНУ.КБР.131.26.2-07. 03.КП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо похибку базування:

$$\varepsilon_{\delta} = 0,5 \cdot 0,057 \left(\frac{1}{\sin 45} - 1 \right) = 0,011 \text{ мм}$$

Визначаємо похибку закріплення заготовок:

$$\varepsilon_z = 0,14 \text{ мм [24 таб.76]}$$

Визначаємо похибку встановлення:

$$\varepsilon_{\delta} = \Delta T = 0,1 \text{ мм [24 таб.79]}$$

$$\varepsilon_{3H} = u$$

$$u = u_o \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot \frac{N}{N_o} \quad (3.3)$$

де u_o - для призм із сталі У8А становить 0,015 мм;

k_1 - для сталі 0,97;

k_2 - для спеціального пристосування - 1,25;

k_3 - для обробки з охолодженням - 1;

k_4 - для $N = 100 \times 10^3$ - 1

$$\varepsilon_z = 0,015 \cdot 0,97 \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot \frac{2000}{100000} = 0,0004 \text{ мм}$$

$$\varepsilon_{np} \leq 0,265 - 1,1 \sqrt{(0,8 \cdot 0,011) + 0,14^2 + 0,1^2 + 0,0004^2 + (0,7 \cdot 0,1)} = 0,041 \text{ мм}$$

Що задовольняє точність обробки свердлильного отвору.

На рис.3.2 Наведено ескіз пристосування.

					КНУ.КБР.131.26.2-07. 03.КП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

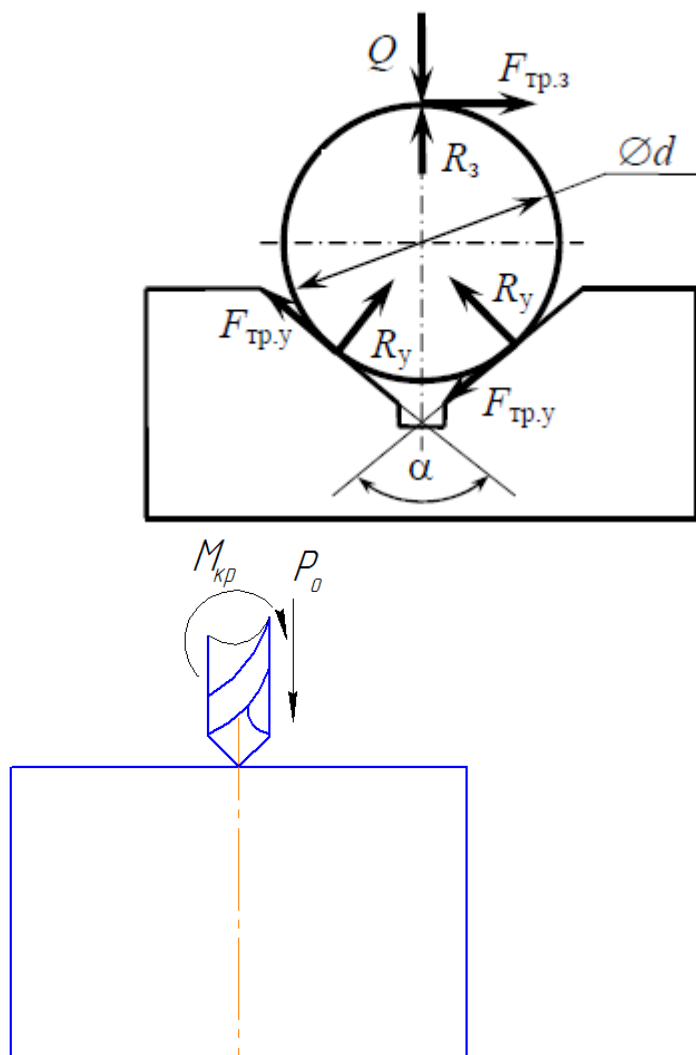


Рисунок 3.3 – Схема закріплення заготовки з постановкою всіх сил, що діють на неї в процесі обробки

Розрахуємо необхідне зусилля затиску:

$$\Sigma M_0 = 0 \quad (3.4)$$

Величина сили затиску визначається за формулою

$$W = f \cdot K \cdot P \quad (3.5)$$

де, f – коефіцієнт тертя, 0,15-0,25.

K – коефіцієнт запасу

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \quad (3.6)$$

де, K_0 – гарантований коефіцієнт запасу 1.5,

K_1 – коефіцієнт враховуючий випадкові нерівності 1.2,

K_2 – коефіцієнт враховуючий збільшення сил різання 1.6,

K_3 – коефіцієнт враховуючий збільшення сил різання при перервному різанні 1.2,

K_4 – коефіцієнт характеризуємий затискний пристрій 1,

K_5 – коефіцієнт характеризуємий пристрій 1.2,

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.26.2-07. 03.КП

Арк.

K_6 – коефіцієнт 1.5.

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,6 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,5 = 6,22$$

Розпишемо формулу (5.5) і знайдемо силу затиску

$$Q = \frac{2kM}{d \left(f_y \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} + f_p \right)} \quad (3.7)$$

де d – діаметр свердла, мм;

M – момент сили різання діючої на заготовку;

f_y – коефіцієнт тертя між поверхнею деталі і прихватом 0,15 [24];

f_p – коефіцієнт тертя між поверхнею деталі і призмою 0,15 [24];

$$Q = \frac{2 \cdot 6,22 \cdot 30}{17,4 \left(0,15 \frac{1}{\sin 45} + 0,15 \right)} = 59,2 \text{ Н}$$

Розраховуємо режим різання для свердлильної операції, так як вона буде мати найбільші сили різання:

Діаметр отвору – $\varnothing 18$ мм;

Подача – $S=0,27$ мм/об

Швидкість різання(V). Швидкість різання при свердлінні:

$$V = \frac{C_v D^q}{T^{m_s y}} K_v \quad (3.8)$$

$$V = \frac{9,8 \cdot 17,4^{0,4}}{45^{0,2} \cdot 0,27^{0,5}} 0,95 = 26,2 \text{ об/хв.}$$

Загальний поправний коефіцієнт:

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{LV} \quad (3.9)$$

$$K_v = 0,95 \cdot 1 \cdot 1 = 0,95$$

K_{MV} - коефіцієнт на оброблюваний матеріал:

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} \quad (3.10)$$

$$K_{MV} = 0,8 \cdot \left(\frac{750}{615} \right)^{0,9} = 0,95$$

K_{IV} - коефіцієнт на інструментальний матеріал для матеріалу інструменту Р6М5, $K_{IV} = 1$

K_{LV} - коефіцієнт, що враховує глибину свердління, $K_{LV} = 1$

Значення коефіцієнтів C_v та показників степені приведені в (12, табл..28), а T – коефіцієнт стійкості (12, табл.30).

Крутячий момент, Н·м та осьову силу H , розраховують за формулами при свердлінні:

$$M_{кр} = 10 C_M \cdot D^q \cdot s^y \cdot K_p \quad (3.11)$$

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 17,4^2 \cdot 0,27^{0,8} \cdot 0,82 = 30 \text{ Н·м;}$$

					КНУ.КБР.131.26.2-07. 03.КП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_0 = 10C_p \cdot D^q \cdot s^y \cdot K_p \quad (3.12)$$

$$P_0 = 10 \cdot 68 \cdot 17,4^1 \cdot 0,27^{0,7} \cdot 0,82 = 3879,95 \text{ Н},$$

Показники C_p, C_m разом з показниками степені в табл.32 – СТМ т.2,
 $K_p = K_{mp}$ в (табл. 9) – СТМ т.2,

Враховуючи це :

$$Q = \frac{2 \cdot 6,22 \cdot 30}{17,4 \left(0,15 \frac{1}{\sin 45} + 0,15 \right)} = 59,2 \text{ Н}$$

Тобто сила необхідна для закріплення деталі 59,253 Н.

Допускне зусилля, створюване гвинтовим механізмом

$$[W] = d^2 \cdot [\sigma_p] \cdot c^2 \quad (3.13)$$

де c - коефіцієнт для основних метричних різьблень, $c \approx 1,4$

d - номінальний діаметр різьби, $d = 36 \text{ мм}$;

$[\sigma_p]$ - допустиме напруження матеріалу, МПа; [24 табл.106, стор.223]

Для сталі 45, термообробка - гартування, при змінному навантаженні

$[\sigma_p] = 80 \text{ МПа}$;

Тоді $[W] = 36^2 \cdot 80 \cdot 1,4^2 = 203212,8 \text{ Н}$ - що в багато разів перевищує потрібне зусилля затискача заготовки, механізм надійний до само відгвинчування.

В CAD системі було здійснено конструювання 3D пристосування.

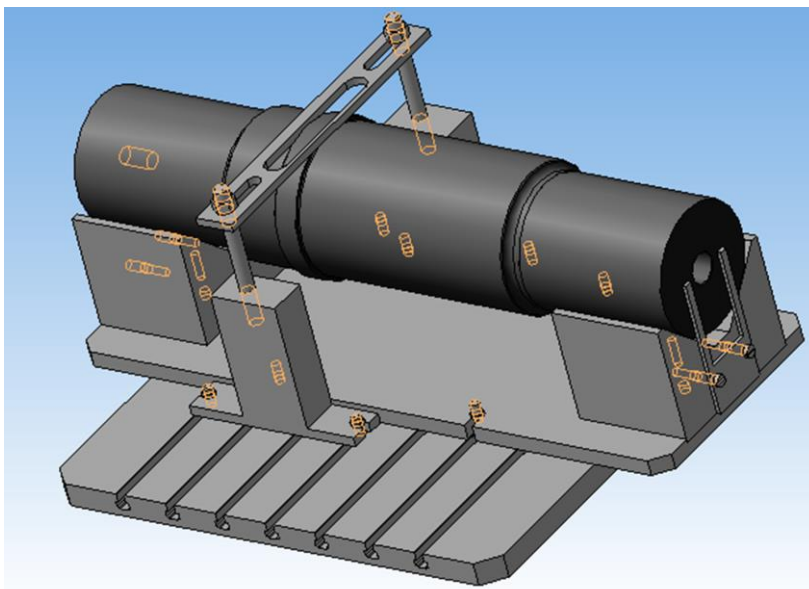


Рисунок 3.4- 3D проектування пристосування

					КНУ.КБР.131.26.2-07. 03.КП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2 Проектування контрольного пристосування

3.2.1. Вибір та розробка схеми контролю

Вибір та розробку схеми контролю виконуємо відносно вимог по точності, відхиленню форми і розташуванню поверхонь (рисунок 3.4) [8, 9, 10].

За розробленою схемою контролюємо циліндричність та биття зовнішніх циліндричних поверхонь, та торців бурта відносно вісі обертання деталі.

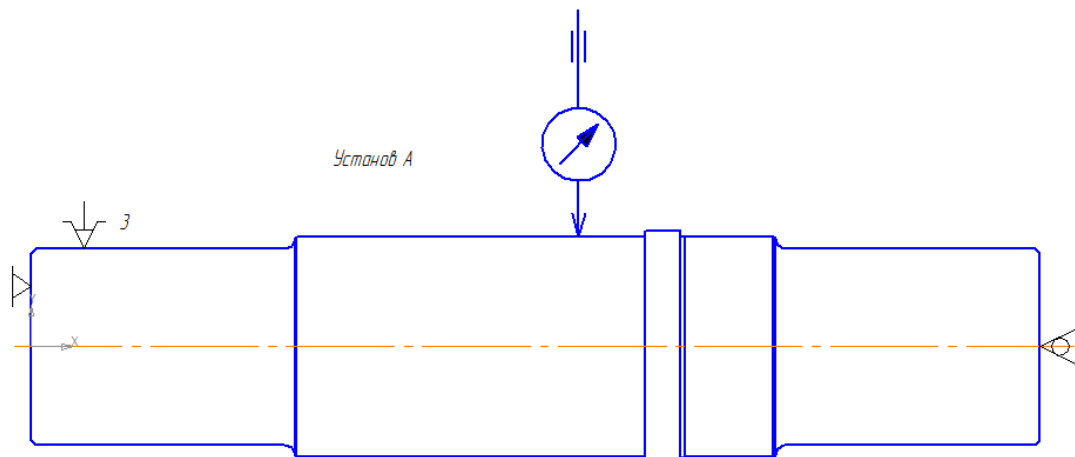


Рисунок 3.4 – Схема контрольного пристрою

3.2.2. Розробка схеми базування деталі при виконанні контролю

Розробляємо схему базування деталі при виконанні контролю на рис. 3.5 [5].

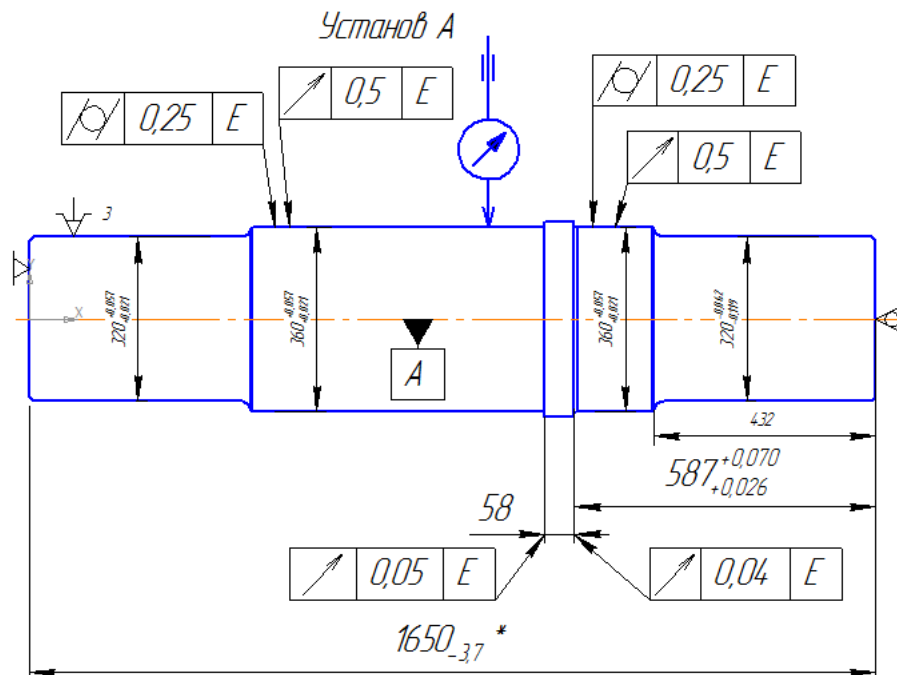


Рисунок 3.5 – Схема базування деталі при виконанні контролю

3.2.3 Вибір і проектування установчих елементів пристрою

					КНУ.КБР.131.26.2-07. 03.КП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Контроль валу проводимо після токарної чистової операції 015, не виймаючи деталь з патрону.

До установчих елементів контрольного пристрою входять:

- Трьохкулачковий патрон 7100-0051 за ДСТУГОСТ 2675-80;
- Задній центр Optimum MK5;
- Тримач E2-50x20 (Ирлен).

3.2.4. Вибір контрольного приладу

Вимірювальні засоби вибираємо в залежності від точності вимірювальної величини 0,5 мм. В якості вимірювального пристрою вибираємо 3-D тестер часового типу SYIC-07915 (SYIC), ціна поділу якого повинна бути на порядок точніше від вимірювальної величини, тобто дорівнювати 0,01 мм, діапазон 0-10мм, похибка дільниці 10мкм. [8, 9, 10].

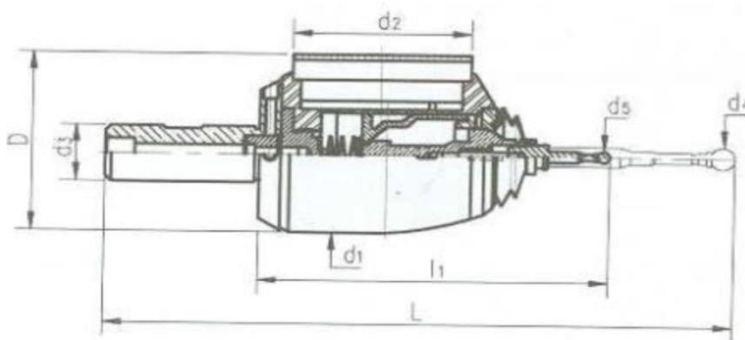


Рисунок 3.6-Зображення 3-D тестера SYIC-07915 (SYIC)

3.2.5. Загальна компоновка контрольного пристрою

Виконуємо загальну компоновку контрольного пристрою на рис 3.7 [8, 10].

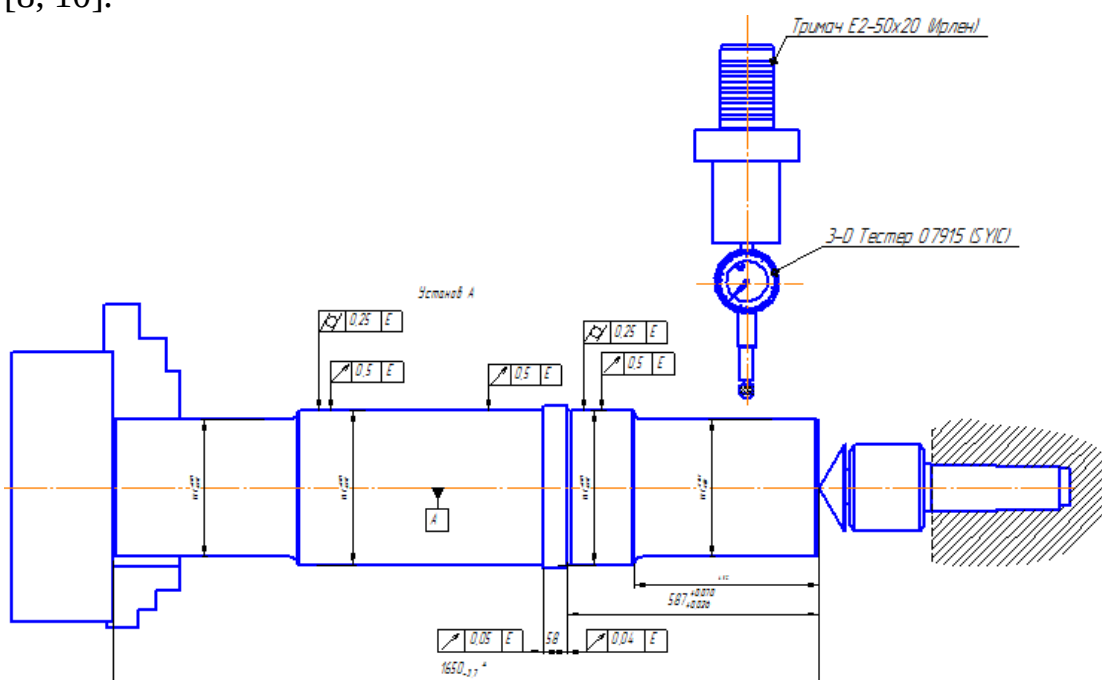


Рисунок 3.7 – Компоновка контрольного пристрою

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.26.2-07. 03.КП

Арк.

1.6. Опис схеми та методики контролю точності вала

На наведеній схемі представлено процес контролю геометричних параметрів деталі «Вал», яка для виконання вимірювань базується та закріплюється в трикулачковому патроні з підтисканням заднім центром. Вимірювання відхилення від циліндричності та радіального биття поверхонь здійснюється за допомогою вимірювального індикатора годинникового типу, який монтується безпосередньо в револьверну головку верстата через спеціалізований блок (тримач) для осьового інструменту. Надійна фіксація індикатора в тримачі забезпечується за допомогою кріпильних гвинтів.

Процедура вимірювання починається з попереднього налаштування приладу, під час якого вимірювальний наконечник підводять до контрольованої поверхні з певним натягом, а стрілку індикатора суміщають із нульовою позначкою шкали. Після цього виконується повільне й обережне переміщення індикатора вздовж та по колу перевіряної поверхні вала при його ручному провертанні в центрах. Максимальна різниця між отриманими екстремальними показаннями індикатора визначає фактичне відхилення від циліндричності, а також величину радіального биття.

Згідно з технічними вимогами креслення, значення відхилення від циліндричності та радіального биття не повинні перевищувати гранично допустимі норми у 0,25 мм та 0,04 мм відповідно. Для забезпечення максимального запасу точності вимірювальної системи та гарантованого виявлення шлюбу, подальший метрологічний розрахунок пристосування на точність виконується для найменшої заданої величини допуску, яка становить 0,04 мм.

3.2.6. Розрахунок точності контрольного пристрою

Допустима похибка контролю знаходиться за формулою [9]

$$[\Delta] = (0,08 \div 0,3)T, \text{ мм} \quad (3.14)$$

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

T – допуск на вимірювальний розмір, $T = 0,04$ мм.

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

Визначаємо сумарну похибку вимірювання

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{\text{л.р.}} + \Delta_{\text{п.у.}} + \Delta_{\text{у.э.}} + \sqrt{\Delta_{\delta}^2 + \Delta_{\text{деф.}}^2 + \Delta_{\text{вин}}^2 + \Delta_{\Sigma}^2 + \Delta_{\text{ин}}^2} \quad (3.15)$$

де $\Delta_{\text{л.р.}}$ – похибка лінійних розмірів (висота встановлювальних пальців),

$\Delta_{\text{п.у.}}$ – похибка передаючих пристроїв (важелів),

$\Delta_{\text{у.э.}}$ – похибка виготовлення установчих елементів;

Δ_{δ} – похибка базування;

$\Delta_{\text{деф.}}$ – похибка, яка викликається деформацією деталі;

					КНУ.КБР.131.26.2-07. 03.КП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$\Delta_{\text{вип}} = 0,04 \cdot T = 0,04 \cdot 0,04 = 0,0016 \text{ мм};$$

Δ_z – похибка закріплення;

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

Остаточно формула 5.16 буде мати вигляд:

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{\text{у.э.}} + \sqrt{\Delta_{\text{вип}}^2 + \Delta_{\text{інд.}}^2}, \quad (3.16)$$

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{\text{у.э.}} + \sqrt{0,0016^2 + 0,01^2}$$

$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{\text{у.э.}} + 0,01 \text{ мм};$ так, як $\Delta_{\Sigma} = [\Delta]$ приймаємо:

$$0,012 = \Delta_{\text{у.э.}} + 0,01$$

$$\Delta_{\text{у.э.}} = 0,012 - 0,01$$

$$\Delta_{\text{у.э.}} = 0,002 \text{ мм}$$

Допуск на биття поверхонь установчих елементів повинен не перевищувати 0,02мм.

					КНУ.КБР.131.26.2-07. 03.КП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування варіантів маршруту технологічного процесу

Проводимо економічне порівняння двох варіантів токарної обробки деталі за допомогою програмного продукту Economical Linksmoon.[23.]

Розрахуємо технологічну собівартість за варіантом: заготовки однакові, верстати – різні.

З кадрів програми видно, що економічний ефект введення верстату з ЧПК, який замінює звичайний токарний верстат складає 33333,26 грн., а термін окупності проекту складає 4,28 років. Отже введення верстату з ЧПК є доцільним та аргументованим.

Трудоёмкость		Базовый вариант	Станок с ЧПУ
Годовой объём выпуска деталей, шт		300	300
Штучное время обработки детали, мин		70	30.5
Время настройки станка в течение года			
Количество запусков, шт		12	12
Время наладки станка, мин		140	60.5
Время настройки инструмента вне станка на протяжении года			
Среднее время настройки по прибору одного инструмента вне станка, мин		14	4
Среднее количество граней пластинки, шт		1	4
Средний период стойкости инструмента, мин		60	90
Количество станочников			
Количество станков, обслуживаемых одним рабочим		1	2
Дополнительное количество рабочих по обслуживанию станков с ЧПУ			
Эффективный годовой фонд времени работы станка		4055	4055
Коэффициент загрузки станка		0.45	0.85
Балансовая стоимость станка			
Оптовая цена станка		12000	26800
Масса станка, т			
		12.5	13

[Далее](#)
[Назад](#)
[Выход](#)

Рисунок 4.1 – Перший кадр програми Economical Linksmoon

					КНУ.КБР.131.26.2-07.04.ОЕП		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Олексієнко				ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА	Лім.	Арк.
Перевірів	Цивінда						
Т. Контр.						Каф.ТМ гр ПМ-23ск	
Н. Контр.	Нечаєв						
Затверд.	Рязанцев						

Стоимость помещения		
Площадь станка по габаритам	12,18	12,8
Коэффициент, учитывающий доп. площадь станка	4,5	4
Площадь устройства ЧПУ, м	0	0
Стоимость 1 м.кв. площади мех. цеха, грн.	595	595
Площадь служебно-бытовых помещений, приходящаяся на одного рабочего, м.кв.	4	4
Стоимость 1 м.кв. площади, занятой служебно-бытовыми помещениями (грн.)	318	318

Стоимость разработки ПУ		
Стоимость разработки ПУ, грн.	0	55

Оборотные средства в незавершённом производстве		
Стоимость заготовки S _{заг} , грн.	7,28	7,28

Себестоимость обработки		
Среднегодовая зарплата станочника, грн.	1,4	1,2
Среднегодовая зарплата наладчика, грн.	1,1	1,2
Среднегодовая зарплата настройщика инструмента, грн.	0	1,2
Среднегодовая зарплата контролёра, грн.	1	1

Затраты на подготовку и обновление ПУ, грн.		
Длительность выпуска деталей Z (3-5 лет)	3	5

Затраты на ремонт и ТО оборудования		
Категория сложности ремонта станка ЕРС (механическая часть)	12	11
Категория сложности ремонта станка ЕРС (электротехническая часть)	9,5	22

Рисунок 4.2 – Другой кадр програми Economical Linksmoon

Затраты на одну единицу ЕРС станка, грн (механическая часть)	30,1	30,3
Затраты на одну единицу ЕРС станка, грн. (электротехническая часть)	7,4	7,7
Коэффициент, учитывающий класс точности станка	1	2
Затраты на содержание и амортизационные расходы на 1 м.кв. цеха Нпл, грн (10% от стоимости)	59,5	59,5

Затраты на ТО и ремонт устройства ЧПУ, грн.		
Норматив годовых затрат на текущее обслуживание и ремонт УЧПУ, грн.	0	860

Рисунок 4.3 - Третій кадр програми Economical Linksmoon

Входные данные

Версия программы от 17.10.2005

Согласно расчётам по введённым данным годовой экономический эффект от введения станка с ЧПУ составит

33333,67 грн

Срок окупаемости, лет

4,28 лет

Рисунок 4.4 – Підсумок розрахунків

Витрати розраховані на токарну операцію з ЧПК (CAT630):

					КНУ.КБР.131.26.2-07.04.ОЕП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- вартість верстатного устаткування – 176,58 тис. грн.;
- вартість підйомно-транспортного устаткування – 210,56 тис. грн.;
- вартість групи основних фондів «силові машини і обладнання» - 0,756 тис. грн.;
- вартість вимірювальних і регулюючих приладів – 31,04 тис. грн.;
- витрати на інструмент та пристрій – 62,84 тис. грн.;
- витрати на виробничий інвентар – 2,094 тис. грн.;
- амортизаційні відрахування – 52,16 тис. грн.;
- вартість основних матеріалів на одиницю – 20,58 тис. грн.;
- технологічна собівартість операції – 126,98 тис. грн.
-

					КНУ.КБР.131.26.2-07.04.ОЕП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2 Режим безпеки та охорона праці при проведенні операцій термічної обробки вала

Проектування та реалізація технологічних операцій термічної обробки (покращення, що включає загартування та високий відпуск) для великогабаритного вала з легованої сталі 35ХМ вимагає суворого дотримання комплексних вимог техніки безпеки, промислової санітарії та пожежної профілактики. Специфіка безпечного ведення робіт у термічних цехах зумовлена наявністю комплексу небезпечних і шкідливих виробничих факторів, серед яких визначальними є висока температура робочого простору печей та поверхонь деталей, значна маса об'єктів обробки, використання хімічно активних і горючих середовищ, а також ризик утворення токсичних газів та велике виділення теплового випромінювання.

Зважаючи на значну масу заготовки вала, яка становить 1408 кг, а також готового виробу масою 1140 кг, першочергову увагу приділяють безпеці вантажопідйомних і транспортних операцій. Усі процеси завантаження вала в термічні печі, переміщення до гартувальних баків та вивантаження після відпуску мають бути повністю механізовані й виконуватися за допомогою мостових кранів або спеціальних цехових маніпуляторів, що керуються кваліфікованим персоналом із відповідним допуском. Використовувані вантажозахоплювальні пристосування, такі як чалочні канати, траверси або кліщові захвати, повинні проходити регулярне технічне освідчення, а їхня вантажопідйомність має гарантовано перевищувати масу нагрітої заготовки з урахуванням динамічних коефіцієнтів. Забороняється перебування людей у зоні переміщення довгомірного важкого вала, особливо під час його транспортування у гарячому стані від печі до гартувальної ванни.

Технологічний процес термічної обробки сталі 35ХМ передбачає нагрівання під загартування до температур у діапазоні 850–880 °С та високий відпуск при 550–650 °С. Робота з обладнанням такого температурного режиму створює небезпеку отримання термічних опіків. Для захисту персоналу від інфрачервоного випромінювання та конвекційного тепла всі нагрівальні печі повинні мати надійну теплоізоляцію кожухів, а механізми підйому заслінок мають бути заблоковані з автоматичним вимкненням подачі електроенергії на нагрівальні елементи при відкриванні дверей. Персонал дільниці зобов'язаний використовувати повний комплект засобів індивідуального захисту, включаючи спеціальний термостійкий одяг, суконні рукавиці, захисні щитки для обличчя та взуття з металевим підноском.

Оскільки як гартувальне середовище для сталі 35ХМ часто застосовують спеціальні мінеральні оливи або водні розчини полімерів, виникає високий рівень пожежної небезпеки та ризик виділення шкідливих аерозолів. Оливні гартувальні баки повинні бути оснащені системами примусового охолодження обертовою водою через змійовики для запобігання перегріву оливи вище температури спалаху під час занурення масивного вала. Ванни також обладнують автоматичними відкидними кришками та системами аварійного зливу оливи в підземні резервуари на випадок її займання.

					КНУ.КБР.131.26.2-07.04.ОЕП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Дільниця термічної обробки обов'язково забезпечується первинними засобами пожежогасіння, включаючи вуглекислотні вогнегасники та автоматичні системи порошкового або пінного пожежогасіння.

Хімічна небезпека та шкідливість для органів дихання усуваються за рахунок проектування ефективної загальнообмінної та місцевої припливно-витяжної вентиляції. Бортові відсмоктувачі, встановлені безпосередньо на гартувальних баках та біля завантажувальних вікон печей, повинні безперервно видаляти продукти розкладання оливи, чадні та гази окислення, що утворюються при взаємодії гарячого металу з атмосферою. Повітряне середовище в робочій зоні підлягає періодичному інструментальному контролю на предмет концентрації токсичних речовин, яка не повинна перевищувати встановлені санітарні норми.

Електробезпека при експлуатації електропечей опору забезпечується надійним заземленням усіх металевих неексплуатованих частин обладнання, пультів керування та захисних кожухів. Системи автоматики повинні миттєво знеструмлювати печі у разі пробією ізоляції на корпус або обриву нагрівачів. До обслуговування термічних установок допускаються особи не молодші 18 років, які пройшли спеціальне навчання, медичний огляд, вступний та первинний інструктаж на робочому місці, а також мають відповідну групу з електробезпеки. Суворе виконання наведених комплексних організаційних та технічних заходів повністю виключає виробничий травматизм і забезпечує безпечні умови праці на етапі термічного зміцнення вала.

4.3 Розробка плану робочого місця

Робоче місце проектуємо для верстата САТ630 по обробці деталей типу вал. Масогабаритні показники деталі «Вал» представника групи, які плануються обробляти на даному робочому місці:

$L = 1650 \text{ мм}$

$\varnothing 360 \text{ мм};$

$m = 1140 \text{ кг}.$

Середня точність обробки деталі 11,37, середня шорсткість обробки – 4,75, деталь по цим показникам технологічна. Рівень точності верстата – Н.

Виробництво – середньо серійне, для деталей вагою до 2000 кг, з річним випуском 300 шт. Режим роботи цеху з урахуванням розвитку виробництва приймаємо двохзмінний.

Компонування здійснюється з урахуванням габаритів обладнання, площ міжопераційних заділів і допоміжних площ, конструкції підйомно-транспортних засобів і вимог техніки безпеки по забезпеченню робочого місця.

На робочому місці розміщаються: основне технологічне обладнання, допоміжне обладнання, підйомно-транспортне обладнання і пристрої, оргснащення і виробнича тара й інструмент.

					КНУ.КБР.131.26.2-07.04.ОЕП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Виконуємо бальну оцінювання робочого місця:

Заготовки в тарі – Б-3-2-3Н-П бал 12

Оброблені в тарі Б-3-2-3Н-П бал 12

Середній бал 12

Інструмент в інструментальній тумбочці – А-1-2-1-О бал 19

Інструменти на приймальному столі – А-1-2-1-П бал 19

Середній бал 19

$$B = \frac{K_{\Pi} \cdot B_{\Pi} + K_{И} \cdot B_{И}}{K_{\Pi} + K_{И}} \quad (4.1)$$

де, B_{Π} і $B_{И}$ - бальна оцінка розташування предметів праці й інструментів на робочому місці;

K_{Π} – число прийомів установки і зняття деталей, виконуваних за зміну;

$K_{И}$ – число прийомів, зв'язаних з користуванням інструментами, за зміну.

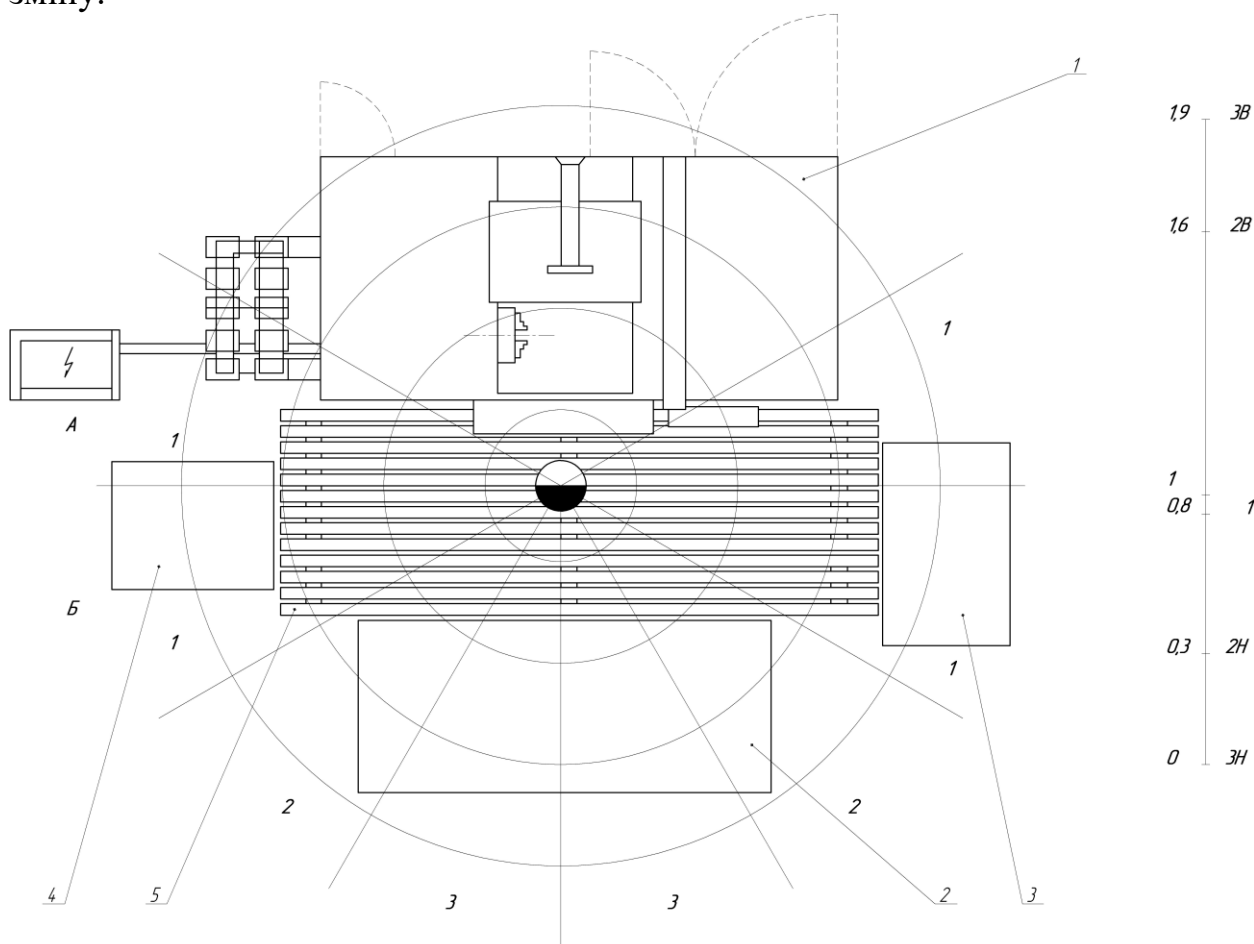


Рисунок 4.5 – Планування робочого місця для токарного верстата САТ630 по виробництву деталей вал

Норма виробітку – 1 шт. у зміну. Кількість маніпуляцій пов'язаних з деталлю 6, вимірювання здійснюється 4-ма інструментами, причому час виміру не перекривається машинним часом.

					КНУ.КБР.131.26.2-07.04.ОЕП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$B = \frac{1 \cdot 6 \cdot 12 + 1 \cdot 4 \cdot 19}{1 \cdot 6 + 1 \cdot 4} = 14,8 \approx 15 \text{ балів}$$

Спроектоване робоче місце оцінюється 15 балами.

У цеху заводу верстатне обладнання встановлюється на фундаменті відповідно конструкції і розмірам опорної площі верстата. Верстат, піддається значним динамічним навантаженням тому встановлюються на окремому фундаменті. Розрахунок фундаменту ведеться на питомий тиск.

На рис. 5 показано схему розрахунку фундаменту. Висота фундаменту береться 0,5 – 0,6 м для верстатів вагою до 10 т, наш верстат важить 3,225т. Вагу фундаменту визначаємо по формулі:

$$G_{\phi} = Q \cdot q = F \cdot h \cdot q, \text{ Н (кг)} \quad (4.2)$$

де Q — об'єм фундаментної плити в м^3 ;

F — опорна площа фундаментної плити в $4,75 \times 1,3 = 6,175 \text{ м}^2$;

q — вага 1 м^3 бетону в 50000 Н/м^3 $5000 \text{ (кг/м}^3\text{)}$;

h — висота фундаментної плити в $0,8 \text{ м}$.

$$G_{\phi} = 6,175 \cdot 0,8 \cdot 5000 = 24700 \text{ кг}$$

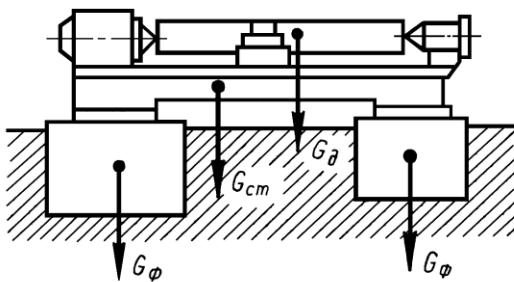


Рисунок 4.6 - Схема розрахунку фундаменту

Вага верстата $G_{ст}$ знаходять у паспорті чи верстата інших документах. Вага оброблюваної заготовки $G_{д}$ береться по максимальних габаритних розмірах. Таким чином, загальне навантаження на ґрунт визначаються так:

$$P = G_{\phi} + G_{ст} + G_{д} \quad (4.3)$$

$$P = 11500 + 24700 + 1140 = 37340 \text{ кг}$$

Перевірочний розрахунок фундаменту ведеться з припущення, що ґрунт являє собою пружну основу і сили, прикладені до фундаменту, проходять через центр ваги фундаментної плити.

Розрахункова формула фундаменту

$$P_{доп} = P / F, \text{ кг/м}^2 \quad (4.4)$$

					КНУ.КБР.131.26.2-07.04.ОЕП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де P — питомий тиск на ґрунт при статичному навантаженні в кг;
 F — опорна площа фундаментної плити на ґрунт у м².

Значення p підбираються по категорії ґрунту: для ґрунтів міцних
 $p = 34300 \dots 58800$ кг/м².

$$P_{\text{доп}} = 37340 / 6,175 = 6047 \text{ кг}$$

$$P_{\text{доп}} > p$$

Ґрунт витримає навантаження від верстата з фундаментною плитою та деталлю.

					КНУ.КБР.131.26.2-07.04.ОЕП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній бакалаврській роботі виконано реальну розробку конструкторсько-технологічної підготовки виробництва вихідного вала редуктора (кресл. № 3519) напірної лебідки кар'єрного гусеничного екскаватора ЕКГ-8І. Усі проєктні рішення базуються на впровадженні сучасного високопродуктивного обладнання з ЧПК та реалізовані в умовах виробництва ПрАТ «ЗІМЗ» із широким застосуванням автоматизованих засобів технологічного програмування в середовищі CAD/CAM-систем.

Під час проєктування прогресивного технологічного процесу виготовлення деталі було проведено комплексний аналіз вихідних техніко-економічних даних та детально вивчено службове призначення як самого вала, так і силового вузла напірної лебідки в цілому. Обґрунтовано вибір основного конструкційного матеріалу — легованої сталі 35ХМ, а також визначено її оптимальні марки-замінники. Особливу увагу приділено якісному аналізу технологічності конструкції, оцінці точності й шорсткості її поверхонь, що дозволило уточнити організаційний тип виробництва та структуру верстатного парку.

У роботі наведено розгорнуте техніко-економічне обґрунтування вибору методу одержання заготовки, що дозволило зупинитися на раціональному та відносно недорогому способі формоутворення, який забезпечує високий коефіцієнт використання матеріалу. Також виконано порівняльний аналіз кількох варіантів маршруту механічної обробки та обрано найбільш ефективну структуру технологічного процесу.

У конструкторській частині проєкту успішно розроблено оригінальні конструкції верстатного та контрольно-вимірювального пристосувань, які забезпечують надійне базування, закріплення та точний контроль параметрів довгомірного важконавантаженого вала. Окрім цього, для спроектованого робочого місця та ділянки в цілому було детально опрацьовано заходи із забезпечення безпеки життєдіяльності, охорони праці, пожежної безпеки та промислової санітарії, зокрема під час проведення небезпечних операцій термічної обробки масивної заготовки.

Загалом, запропонований комплекс інженерних рішень дозволяє суттєво підвищити продуктивність праці, зменшити матеріаломісткість і скоротити загальний цикл виготовлення деталей типу «Вал», що підтверджує практичну цінність та доцільність впровадження результатів роботи у реальне виробництво.

					КНУ.КБР.131.26.2-07.В					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.		Олексієнко			ВИСНОВКИ			Літ.	Арк.	Аркуші
Перевірів		Цивінда								
Т. Контр.										
Н. Контр.		Нечаєв								
Затверд.		Рязанцев						Каф.ТМ гр ПМ-23ск		

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.Кузнецов 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.131.26.2-07.СВД					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.		Олексієнко			СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ			Літ.	Арк.	Аркуші
Перевірів		Цивінда								
Т. Контр.										
Н. Контр.		Нечаєв								
Затверд.		Рязанцев								
					Каф.ТМ гр ПМ-23ск					

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 підготування 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. ДСТУ-Н 7916:2015 «Система технологічної документації. Настанови щодо оформлення документів, застосовуваних для розроблення, упровадження та функціонування технологічних процесів».

29.ДСТУ ISO 9001:2015 «Системи управління якістю. Вимоги» (зокрема, розділ 8.5 «Виробництво та надання послуг»

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.131.26.2-07.СВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

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: Конструкторсько-технологічна підготовка виробництва деталі
«Вал редуктору напірної лебідки екскаватора» в середовищі CAD/CAM-
систем

Виконав здобувач гр. ПМ-23ск (підпис)	_____	Олег ОЛЕКСІЄНКО
Керівник КБР	_____ (підпис)	Наталія ЦИВІНДА
Нормоконтроль	_____ (підпис)	Василь НЕЧАСВ
Завідувач кафедри	_____ (підпис)	Антон РЯЗАНЦЕВ

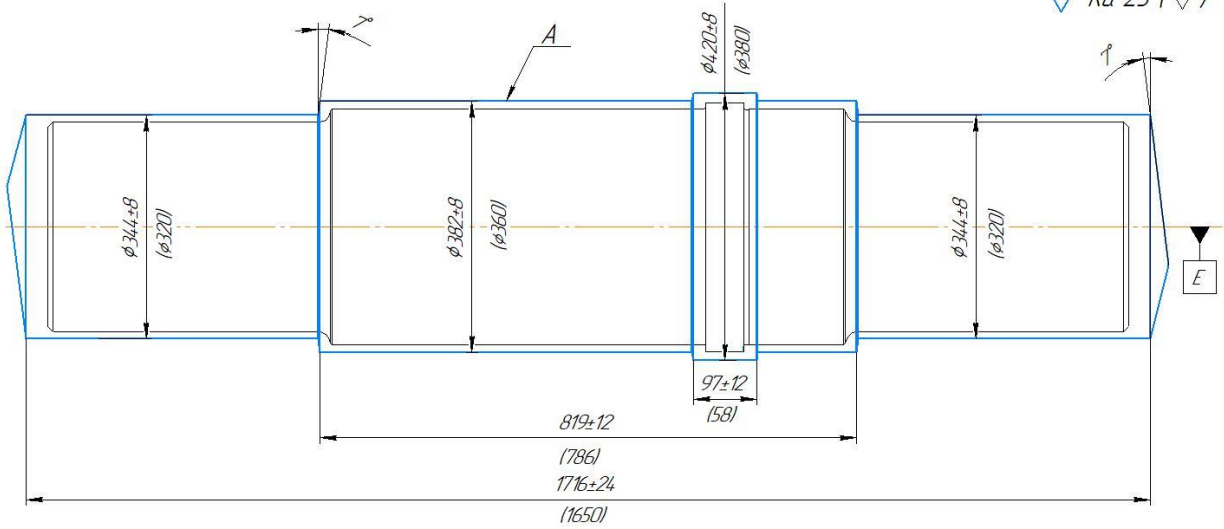
м.Кривий Ріг
2026 р

[illegible]

[illegible]

КНУКБР.131.26.2-07.ПКП.

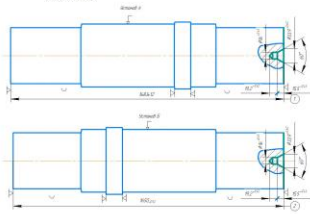
✓ Ra 25 (✓)



1. Можлива заміна матеріалу на Сталь 40Х
2. Твердість після термообробки 248...293НВ
3. Твердість вимірюють по поверхні А
4. Контролювати 25% заготовки

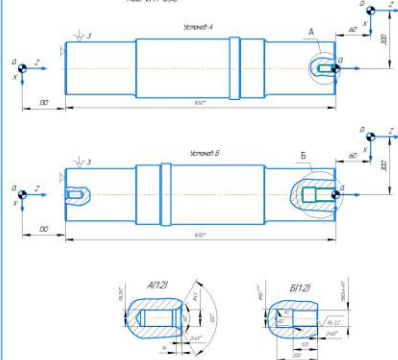
					КНУКБР.131.26.2-07.ПКП.					
					Поковка (кована на пресах)			Лит	Масса	Масштаб
								Н	1398	15
Изм	Лист	№ док-м	Подп.	Дата	Сталь 35ХМ ДСТУ 7806:2015			Лист	Листов	?
Разраб		Олексієнко								
Проб		Цибінда			Копіював			Кафедра ТМ ар ПМ-23ск Формат А3		
Т.контр										
Н.контр		Нечасов								
Утв.		Рязанцев								

005 Горизонтально-расточка з ЧРК $\sqrt{Rz}$ 12,5
над W60H



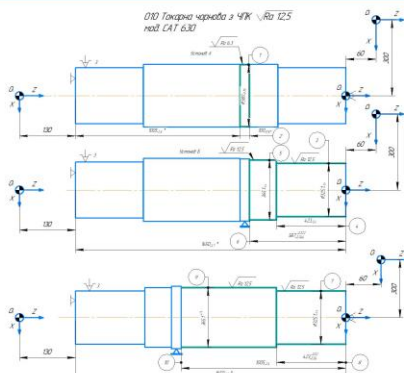
Артикул	Оброблено заготовки	l, мм	Σ, мм/об	n об/хв	V, м/хв	i	Σ, мт
Резьба: G1/2" UNF-28	222	30	0.8	4	2.71	2	86.2
Сверло: 100H7/k6	222	8	0.27	480	26.2	1	

020 Токарно-расточка з ЧРК $\sqrt{Rz}$ 6.3
над CAT 630



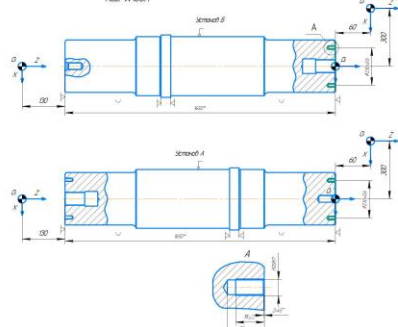
Артикул	Оброблено заготовки	l, мм	Σ, мм/об	n об/хв	V, м/хв	i	Σ, мт
Сверло: 100H7/k6	222	8	0.27	480	26.2	1	
Резьба: G1/2" UNF-28	222	30	0.8	4	2.71	2	86.2
Сверло: 100H7/k6	222	8	0.27	480	26.2	1	
Резьба: G1/2" UNF-28	222	30	0.8	4	2.71	2	86.2
Сверло: 100H7/k6	222	8	0.27	480	26.2	1	
Резьба: G1/2" UNF-28	222	30	0.8	4	2.71	2	86.2
Сверло: 100H7/k6	222	8	0.27	480	26.2	1	
Резьба: G1/2" UNF-28	222	30	0.8	4	2.71	2	86.2
Сверло: 100H7/k6	222	8	0.27	480	26.2	1	
Резьба: G1/2" UNF-28	222	30	0.8	4	2.71	2	86.2

010 Токарно-расточка з ЧРК $\sqrt{Rz}$ 12.5
над CAT 630



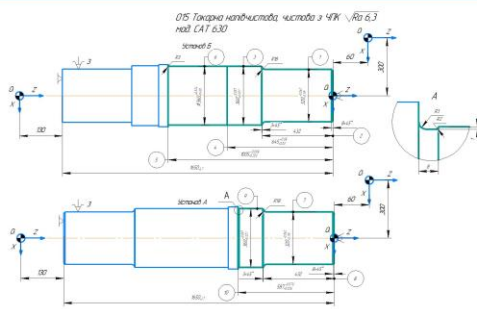
Артикул	Оброблено заготовки	l, мм	Σ, мм/об	n об/хв	V, м/хв	i	Σ, мт
Резьба: G1/2" UNF-28	222	30	0.8	4	2.71	2	86.2
Сверло: 100H7/k6	222	8	0.27	480	26.2	1	

025 Горизонтально-расточка з ЧРК $\sqrt{Rz}$ 6.3
над W60H



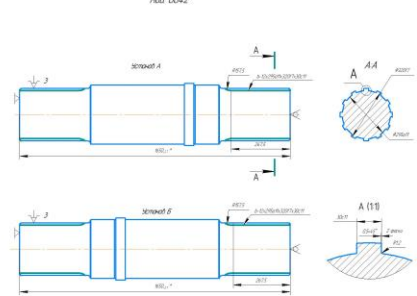
Артикул	Оброблено заготовки	l, мм	Σ, мм/об	n об/хв	V, м/хв	i	Σ, мт
Резьба: G1/2" UNF-28	222	30	0.8	4	2.71	2	86.2
Сверло: 100H7/k6	222	8	0.27	480	26.2	1	

015 Токарно-расточка з ЧРК $\sqrt{Rz}$ 6.3
над CAT 630



Артикул	Оброблено заготовки	l, мм	Σ, мм/об	n об/хв	V, м/хв	i	Σ, мт
Резьба: G1/2" UNF-28	222	30	0.8	4	2.71	2	86.2
Сверло: 100H7/k6	222	8	0.27	480	26.2	1	

030 Фрезерка $\sqrt{Rz}$ 6.3
над 6642



Артикул	Оброблено заготовки	l, мм	Σ, мм/об	n об/хв	V, м/хв	i	Σ, мт
Резьба: G1/2" UNF-28	222	30	0.8	4	2.71	2	86.2
Сверло: 100H7/k6	222	8	0.27	480	26.2	1	

КНУКБР.01262-07E0

Ескизи операцій

Сверло 100H7/k6

Резьба G1/2" UNF-28

Сверло 100H7/k6

Резьба G1/2" UNF-28

Сверло 100H7/k6

Резьба G1/2" UNF-28

Сверло 100H7/k6

Резьба G1/2" UNF-28

Сверло 100H7/k6

Резьба G1/2" UNF-28

Сверло 100H7/k6

Резьба G1/2" UNF-28

Сверло 100H7/k6

Резьба G1/2" UNF-28

Сверло 100H7/k6

Резьба G1/2" UNF-28

Сверло 100H7/k6

Резьба G1/2" UNF-28

Сверло 100H7/k6

Резьба G1/2" UNF-28

Сверло 100H7/k6

Резьба G1/2" UNF-28

Сверло 100H7/k6

Резьба G1/2" UNF-28

Сверло 100H7/k6

Резьба G1/2" UNF-28

Сверло 100H7/k6

Резьба G1/2" UNF-28

Сверло 100H7/k6

Резьба G1/2" UNF-28

Сверло 100H7/k6

Резьба G1/2" UNF-28

Сверло 100H7/k6

Резьба G1/2" UNF-28

Сверло 100H7/k6

Резьба G1/2" UNF-28

Сверло 100H7/k6

Резьба G1/2" UNF-28

Сверло 100H7/k6

Резьба G1/2" UNF-28

Сверло 100H7/k6

Резьба G1/2" UNF-28

Сверло 100H7/k6

Резьба G1/2" UNF-28

Сверло 100H7/k6

Резьба G1/2" UNF-28

Сверло 100H7/k6

Резьба G1/2" UNF-28

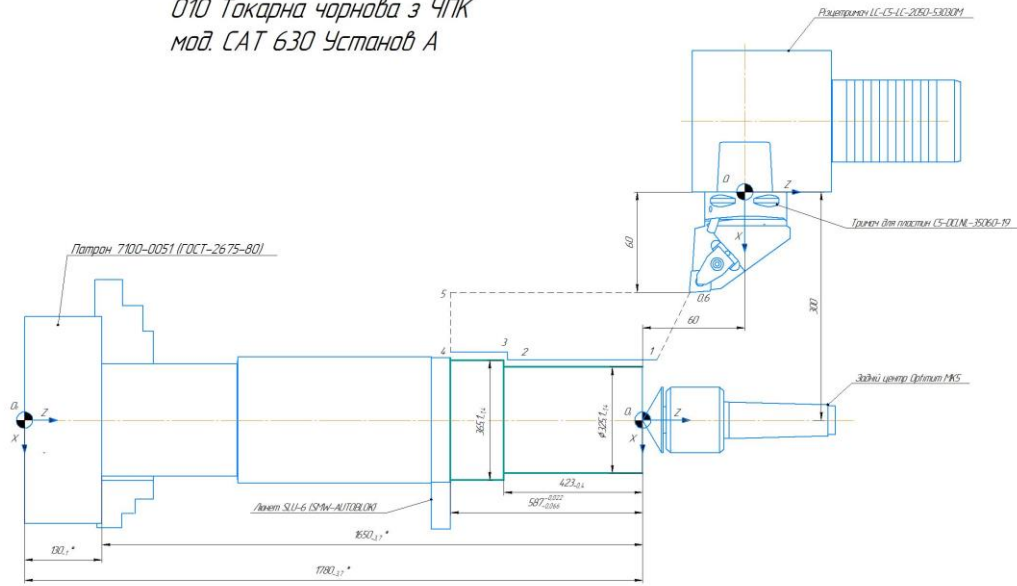
Сверло 100H7/k6

Резьба G1/2" UNF-28

Сверло 100H7/k6

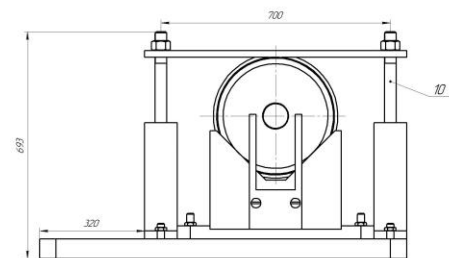
Резьба G1/2" UNF-28

010 Токарна чорнова з ЧПК
мод. CAT 630 Установ А



№	Тип інструменту	Пластина	Покриття	Додаткові інструменти
4.5.6.7.8 9.10.11.12 15.16.17	Тримач для пластин (С-С-С-35060-19)	CNM R0616-W-07	TP2000-нафториста оболонка Ti, (C,N)-Al ₂ O ₃ -Ti(C,N)-TiN	Резервний (С-С-С-2050-5300PM) Задній цвирок: Фіксатор МКС

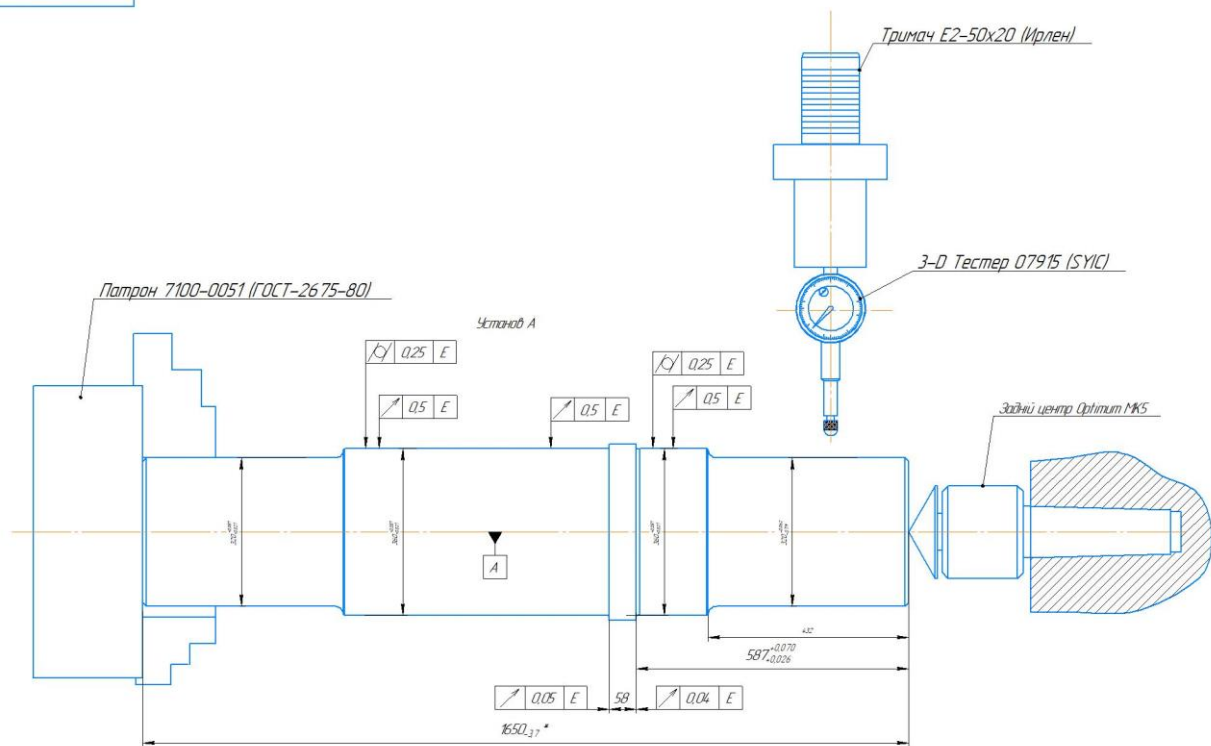
КНУКР-2026-07ВН			
Виробничий- інструментальний наказ	№	Вид	15
Користувач	Ім'я	Підпис	Користувач
Відомості	Відомості	Відомості	Відомості



№ п/п	№	Обозначение	Наименование	№	Полнота
			Автомат		
	2		Удар стационарный	2	
	3		Пульс стационарный	1	
	4		Пульс стационарный	2	

КНИУКР.13126-2-07СВ

№ п/п	№	Обозначение	№	Полнота
			Специальные верстакные приспособления	
	1		Коробка ПП	15
	2		ПТ-23кс	

[illegible]

