

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 «Ножовий супорт нижній вузла прокатної кліті» у
середовищі CAD/CAM- технологій

Виконав: здобувач групи ЗПМ-23ск
Чехов В.С.

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

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 «Ножовий супорт нижній вузла прокатної кліті» у
середовищі CAD/CAM- технологій

Виконав здобувач гр. ЗПМ-23 ск

Віталій ЧЕХОВ

Керівник роботи

Наталія ЦИВІНДА

Нормоконтроль

Василь НЕЧАЄВ

Завідувач кафедри

Антон РЯЗАНЦЕВ

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

Здобувача гр. ЗПМ-23ск Віталія Сергійовича Чехова

1.Тема: Конструкторсько-технологічна підготовка виробництва деталі «Ножовий супорт нижній вузла прокатної кліті» у середовищі CAD/CAM-технологій

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

Тема затверджена наказом по КНУ № 131с 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. МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ В СЕРЕДОВИЩІ
FEATURECAM

3. КОНСТРУКТОРСЬКА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

4. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА

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

4.Креслення верстатного оснащення 5.Креслення контрольного оснащення

6. Календарний план:

Етап роботи	Термін виконання
1 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА 1.1 Службове призначення вузла 1.2 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін 1.3 Аналіз якості поверхонь деталі 1.4 Технічний контроль робочого креслення 1.5 Аналіз технологічності деталі 1.5.1 Якісний аналіз технологічності 1.5.2 Кількісний аналіз технологічності 1.6 Вибір типу виробництва 1.7 Вибір типового технологічного процесу. Задачі проектування 1.8 Вибір, техніко-економічне обґрунтування та проектування заготовки 1.9 Вибір і обґрунтування баз 1.10 Вибір і обґрунтування послідовності обробки поверхонь 1.11 Розробка маршруту обробки деталі 1.12 Розробка технологічної операції 1.13 Розрахунок міжопераційних розмірів і припусків на обробку 1.14 Вибір режимів різання, нормування технологічних операцій	До 28.01 2026р.
2. МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ В СЕРЕДОВИЩІ 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 процесу обробки 4.2 Безпека праці при виконанні транспортно-переміщувальних та вантажно-розвантажувальних операцій 4.3 Планування цеху	до 03.04 2026р.
Попередній захист	10.06 2026р.

Дата видачі завдання: “08” 01 2026р.

Студент _____ / Чехов В.С./
Керівник роботи _____ /Цивінда Н.І./

[illegible]

Копировал

Формат А4

РЕФЕРАТ

до випускної кваліфікаційної роботи бакалавра на тему: «Конструкторсько-технологічна підготовка виробництва деталі «Ножовий супорт нижній вузла прокатної кліті» у середовищі CAD/CAM- технологій»

Пояснювальна записка до бакалаврської випускної роботи: стор.,
рисуноків, таблиця, комплект карт на 17 с на технологічні процеси складання
вузла та механічної обробки деталі, 6 листів графічної частини.

Об'єкт проектування — процес конструкторсько-технологічної підготовки виробництва деталі «Ножовий супорт нижній», яка є відповідальним силовим конструкційним елементом вузла нижнього ножового вала важільно-кривошипних летючих ножиць прокатного стану.

Мета роботи — розробка раціональних та прогресивних технологічних процесів складання вузла і механічної обробки деталі на базі сучасних CAD/CAM-технологій для підвищення продуктивності, точності та зниження собівартості виготовлення.

Методи та інструменти проектування: системний аналіз машинобудівного виробництва, методи теорії різання та базування, тривимірне параметричне моделювання в CAD-системі SolidWorks, комп'ютерно-інтегроване проектування обробки та генерація кодів ЧПК в САМ-середовищі FeatureCAM.

Основний зміст та отримані результати:

У роботі проведено детальний аналіз службового призначення та умов роботи деталі «Ножовий супорт нижній» у складі важільно-кривошипних ножиць, що функціонують в умовах високих динамічних навантажень. Виконано аналіз технологічності конструкції деталі, під час якого виявлено нетехнологічні поверхні та запропоновано ефективні інженерні способи підвищення її технологічності.

Математично та економічно обґрунтовано раціональний спосіб отримання заготовки, що забезпечує високий коефіцієнт використання матеріалу та зменшення обсягів подальшої чорнової обробки. Розроблено маршрутний та операційний технологічні процеси механічної обробки супорта, а також раціональну технологію складання ножового вузла.

Здійснено вибір сучасного високопродуктивного верстатного обладнання (зокрема верстатів із ЧПК) та прогресивного різального інструменту. Виконано аналітичні розрахунки припусків на міжкрокові поверхні, розраховано оптимальні режими різання та проведено технічне нормування всіх технологічних операцій виготовлення і складання.

					КНУ.КБР.131.26.4-05.Р			
Змін	Аркв	№	Підпис	Дат	РЕФЕРАТ	Лім.	Арк.	Арквнів
Розроб.	Чехов							
Перевір.	Цивінда							
Н. контр.	Нечаєв							
Затверд.	Рязанцев					Кафедра ТМ зп ЗПМ-23ск		

Для забезпечення заданої точності лінійних та кутових розмірів підібрано спеціальне верстатне пристосування, яке було розраховано на точність (визначено похибку базування та закріплення). На базі програмного комплексу SolidWorks створено точні 3D-моделі деталі та заготовки, а в середовищі FeatureCAM виконано цифрове моделювання критичних операцій механічної обробки, проведено симуляцію траєкторій руху інструменту для виключення колізій та згенеровано надійну керуючу програму для верстата з ЧПК.

У організаційно-економічній частині роботи наведено комплексне техніко-економічне обґрунтування, яке розрахунковим шляхом довело високу доцільність та ефективність впровадження розробленої конструкторсько-технологічної підготовки у виробництво завдяки зменшенню штучно-калькуляційного часу та підвищенню якості виробів та аналіз засобів безпеки праці.

Практичне значення отриманих результатів полягає у створенні готового до впровадження наскрізного автоматизованого процесу виготовлення відповідальної деталі металургійного обладнання, що дозволяє мінімізувати вплив людського фактора та оптимізувати витрати підприємства.

**НОЖОВИЙ СУПОРТ, ЛЕТЮЧІ НОЖИЦІ, ПРОКАТНИЙ СТАН,
ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ЗАГОТОВКА, РЕЖИМИ РІЗАННЯ,
ВЕРСТАТНЕ ПРИСТОСУВАННЯ, РОЗРАХУНОК ТОЧНОСТІ, CAD/CAM-
ТЕХНОЛОГІЇ, SOLIDWORKS, FEATURECAM, КЕРУЮЧА ПРОГРАМА,
ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ.**

ABSTRACT

to the bachelor's final qualification work on the topic: "Design and manufacturing engineering for the part "Lower Knife Support of a rolling mill unit" using CAD/CAM technologies"

Explanatory note to the bachelor's final work: pages, figures, table, set of cards for 17 s on the technological processes of assembling the assembly and machining of the part, 6 sheets of the graphic part.

The object of the design is the process of design and technological preparation for the manufacture of the part "Lower knife support", which is a responsible power structural element of the assembly of the lower knife shaft of the lever-crank flying shears of the rolling mill.

The purpose of the work is to develop rational and progressive technological processes for assembling the assembly and machining the part based on modern CAD / CAM technologies to increase productivity, accuracy and reduce manufacturing costs.

Design methods and tools: system analysis of machine-building production, cutting and basing theory methods, three-dimensional parametric modeling in the SolidWorks CAD system, computer-integrated machining design and generation of CNC codes in the FeatureCAM CAM environment.

Main content and results:

The work provides a detailed analysis of the service purpose and operating conditions of the part "Lower knife support" as part of lever-crank shears operating

					КНУ.КБР.131.26.4-05.Р	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

under high dynamic loads. The analysis of the manufacturability of the part's design was performed, during which non-technological surfaces were identified and effective engineering methods for increasing its manufacturability were proposed.

A rational method of obtaining a workpiece was mathematically and economically substantiated, which ensures a high material utilization rate and a reduction in the volume of subsequent roughing. Route and operational technological processes for mechanical machining of the support were developed, as well as a rational technology for assembling the knife assembly.

A selection of modern high-performance machine tools (in particular, CNC machines) and progressive cutting tools was made. Analytical calculations of allowances for interstep surfaces were made, optimal cutting modes were calculated, and technical standardization of all technological operations of manufacturing and assembly was carried out.

To ensure the specified accuracy of linear and angular dimensions, a special machine tool fixture was selected, which was designed for accuracy (the basing and clamping error was determined). Accurate 3D models of the part and workpiece were created on the basis of the SolidWorks software package, and digital modeling of critical machining operations was performed in the FeatureCAM environment, tool motion trajectories were simulated to eliminate collisions, and a reliable control program for the CNC machine was generated.

The organizational and economic part of the work presents a comprehensive feasibility study, which has proven by calculation the high feasibility and efficiency of implementing the developed design and technological preparation into production due to the reduction of artificial calculation time and the improvement of product quality and the analysis of occupational safety measures.

The practical significance of the results obtained is the creation of a ready-to-implement end-to-end automated process for manufacturing a critical part of metallurgical equipment, which allows minimizing the impact of the human factor and optimizing the costs of the enterprise.

KNIFE SUPPORT, FLYING SHEARS, ROLLING MILL, TECHNOLOGICAL
PROCESS, BLANKET, CUTTING MODES, MACHINE ADAPTATION,
PRECISION CALCULATION, CAD/CAM TECHNOLOGIES, SOLIDWORKS,
FEATURECAM, CONTROL PROGRAM, FEASIBILITY SUSTAINABILITY

					<i>КНУ.КБР.131.26.4-05.Р</i>	Арх
Змі	Арх	№	Підпис	Дат		

ЗМІСТ

Вступ

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

- 1.1 Призначення та умови роботи механізму
- 1.2 Технологічний процес складання
- 1.3 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін
- 1.4 Аналіз якості поверхонь деталей
- 1.5 Технічний контроль робочого креслення
- 1.6 Аналіз технологічності деталі
- 1.7 Вибір типу виробництва
- 1.8 Вибір типового технологічного процесу. Задачі проектування
- 1.9 Вибір, техніко-економічне обґрунтування та проектування заготовки
- 1.10 Вибір і обґрунтування баз
- 1.11 Вибір і обґрунтування послідовності обробки поверхонь
- 1.12 Розробка маршруту обробки деталі
- 1.13 Розробка технологічної операції
- 1.14 Розрахунок міжопераційних розмірів і припусків на обробку
- 1.15 Розрахунок і вибір режимів різання, нормування технологічних операцій

2 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ В САМ-СИСТЕМІ FEATURECAM

3 КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА

- 3.1 Проектування верстаного пристосування
- 3.2 Проектування контрольного пристосування

4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА

- 4.1 Техніко-економічне обґрунтування маршруту технологічного процесу
- 4.2 Безпека праці при виконанні транспортно-переміщувальних та вантажно-розвантажувальних операцій

Висновки

Список використаних джерел

Додаток А.

					КНУ.КБР.131.26.4-05.3				
					ЗМІСТ				
Змін	Аркв	№	Підпис	Дат					
Розроб.		Чехов			Літ.		Арк.	Аркшів	
Перевір.		Цивінда							
					Кафедра ТМ зв ЗПМ-23ск				
Н. контр.		Нечаєв							
Затверд		Рязанцев							

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасний етап розвитку машинобудівної галузі характеризується глобальною цифровізацією, автоматизацією та інтеграцією інтелектуальних систем у виробничі процеси. Однією з найважливіших актуальних задач сучасного машинобудування є радикальне скорочення термінів конструкторсько-технологічної підготовки виробництва (КТПВ) при одночасному підвищенні якості, надійності та конкурентоспроможності готової продукції. В умовах четвертої промислової революції («Індустрія 4.0») вирішення цих завдань неможливе без наскрізного застосування передових CAD/CAM технологій. Вони дозволяють перенести традиційні етапи проєктування, розрахунків та технологічного планування у єдине віртуальне цифрове середовище, мінімізуючи ризики виникнення браку та оптимізуючи витрати підприємства.

Особливу гостроту ці завдання набувають у важкому та металургійному машинобудуванні, де обладнання експлуатується в умовах екстремальних силових, термічних та знакозмінних динамічних навантажень. Прикладом такого високонавантаженого вузла є технологічні лінії прокатних станів, зокрема вузли прокатних клітей та механізми летючих ножиць. Деталь «Ножовий супорт нижній» є критично важливим силовим елементом, який безпосередньо сприймає та передає колосальні крутні моменти та ударні зусилля під час поперечного розрізання безперервно рухомого металопрокату. Будь-яке відхилення від заданої точності геометричних параметрів, співвісності чи шорсткості функціональних поверхонь супорта може призвести до передчасного зносу ножів або аварійної зупинки прокатного стану, що тягне за собою значні фінансові збитки.

Традиційні методи проєктування технологічних процесів для таких складних деталей уже не задовольняють вимоги сучасного ринку через високу трудомісткість та значну ймовірність суб'єктивного чинника. Застосування сучасного програмного забезпечення (зокрема CAD-системи SolidWorks та САМ-середовища FeatureCAM) дозволяє створити точний тривимірний цифровий двійник деталі, оптимізувати її конструкцію на предмет технологічності, розробити прогресивний маршрут механічної обробки та згенерувати безпомилкові керуючі програми для багатоосьових верстатів із ЧПК. Симуляція обробки у САМ-системі унеможливило виникнення колізій між інструментом та оснащенням, забезпечуючи максимальну ефективність використання сучасного інструменту. Таким чином, тема кваліфікаційної роботи, спрямована на автоматизовану КТПВ ножового супорта, є надзвичайно актуальною та має безпосереднє практичне значення для модернізації промислового виробництва.

					КНУ.КБР.131.26.4-05.В			
					ВСТУП			
Змін	Арку	№	Підпис	Дат				
Розроб.	Чехов				Кафедра ТМ зв ЗПМ-ЗЗск			
Перевір.	Шивінда							
Н. контр.	Нечаєв							
Затверд.	Рязанцев							

Мета роботи — підвищення ефективності виготовлення, зниження собівартості та забезпечення заданої точності деталі «Ножовий супорт нижній» шляхом розробки раціонального конструкторсько-технологічного процесу в середовищі сучасних CAD/CAM-технологій.

Об'єкт дослідження— процес конструкторсько-технологічної підготовки виробництва складних корпусно-силових деталей металургійного обладнання.

Предмет дослідження — методи автоматизованого тривимірного проектування, розробки прогресивних технологічних процесів механічної обробки та цифрової генерації керуючих програм для верстатів із ЧПК.

Для досягнення поставленої мети у роботі необхідно вирішити такі завдання:

1. Проаналізувати службове призначення деталі та умови її експлуатації у вузлі прокатної кліти.
2. Виконати комплексний аналіз технологічності конструкції супорта та запропонувати способи її підвищення.
3. Обґрунтувати та розрахувати раціональний спосіб одержання заготовки для збільшення коефіцієнта використання матеріалу.
4. Розробити прогресивні маршрутний та операційний технологічні процеси механічної обробки деталі та складання вузла.
5. Виконати аналітичні та табличні розрахунки припусків, режимів різання та норм часу з технічним нормуванням операцій.
6. Спроектувати спеціальне верстатне пристосування та виконати його розрахунок на точність базування.
7. Створити параметричні 3D-моделі в системі SolidWorks та виконати цифрове моделювання процесу обробки з генерацією керуючої програми в середовищі FeatureCAM.
8. Провести техніко-економічне обґрунтування доцільності та ефективності впровадження розроблених інженерних рішень.

					КНУ.КБР.131.26.4-05.Р	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

1.1 Призначення та умови роботи механізму

Деталь «Супорт ножовий нижній» є відповідальним конструкційним елементом вузла нижнього ножового вала важільно-кривошипних летючих ножиць. Зазначене обладнання інтегрується безпосередньо в технологічну лінію прокатного стану й розміщується одразу за чистовою групою клітей або блоком калібрувальних клітей (перед дільницею охолодження або холодильником). Летючі ножиці призначені для поперечного розкрою безперервно рухомого металопрокату (смуг, прутків, дроту) на задані мірні довжини без зупинки основного виробничого потоку. Цей вузол належить до категорії силових елементів, оскільки за своїм функціональним призначенням має сприймати та передавати значні крутні моменти.

На рисунку 1.1 наведено кінематичну схему та загальний вигляд важільно-кривошипних ножиць типорозміру 6×1700 мм розробки СКМЗ. Агрегат спроектовано для холодного поперечного різання сталевих смуг (із тимчасовим опором матеріалу (σ_b до 60 кгс/мм²) при швидкості переміщення до 2,5 м/с. Товщина оброблюваного прокату становить від 2,5 до 6,0 мм, ширина — до 1550 мм, а граничне зусилля різання досягає 100 тс. Обидва ножі встановлені під нахилом 1:140, при цьому довжина ножів складає 1700 мм.

За умови, що середній радіус траєкторії ножів дорівнює ексцентриситету кривошипа ($R = 245$ мм), під час безперервного циклу роботи ножиць процес різання виконується за кожен оберт кривошипа (при коефіцієнті кратності $k=1$). У такому режимі мінімальна базова мірна довжина отриманих листів становить:

$$L_{\text{осн}} = 0,97\pi 2Rk = 1500 \text{ мм.}$$

Додаткові розміри листів (із дискретним кроком в 10 мм) можна отримати шляхом зменшення кутової швидкості ножиць (швидкості ведучої куліси) у діапазоні (1-0,5) $\omega_{\text{осн}}$. При цьому максимальна довжина листа збільшується до 3000 мм. Для синхронізації миттєвої швидкості ножів із лінійною швидкістю руху смуги у двокривошипному механізмі задається відповідне значення ексцентриситету.

Ексцентрикний вал шатунно-кривошипного механізму пропуску різку приводиться в дію від шестірні, розташованої на торці нижньої ведучої втулки ножиць (передавальне число зубчастої пари становить 1:2). У режимі роботи з одним пропуском різку ($k=2$) основна мірна довжина листів подвоюється і становить 3000 мм, а допоміжні довжини в межах до 6000 мм отримують (аналогічно до першого випадку) за рахунок регулювання швидкості ведучої куліси.

					КНУ.КБР.131.26.4-05.01.ТПВ				
Змін	Архв	№	Підпис	Дат					
Розроб.	Чехов				ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА				
Перевір.	Шивінда								
Н. контр.	Нечаєв								
Затверд.	Рязанцев								
					Літ.	Арк.	Аркшів		
					Кафедра ТМ зв ЗПМ-ЗЗСК				

Металева смуга подається в зону різання за допомогою подавальних роликів із постійною швидкістю в діапазоні 1,0–2,5 м/с. Для забезпечення жорсткої синхронізації швидкостей механізм ножиць та подавальні ролики мають спільний привод від одного електродвигуна постійного струму потужністю 250 кВт. Оскільки крутний момент ножиць істотно перевищує приводний момент подавальних роликів, коробку швидкостей інтегровано безпосередньо в лінію привода роликів (рис. 1.1, а), а не в лінію головного привода ножиць (як показано на рис. 1.1, б).

Важільно-кривошипні ножиці, оснащені механізмами пропуску різ у та вирівнювання швидкостей інструменту й металу, найдоцільніше застосовувати для холодного розкрою смугового прокату товщиною понад 3 мм. Проте дана конструкція є технічно складною. Через наявність великих неврахованих мас та нерівномірність обертання супортів під час експлуатації виникають високі динамічні навантаження, що обмежує можливість використання такого обладнання при швидкостях руху металу понад 2,6 м/с.

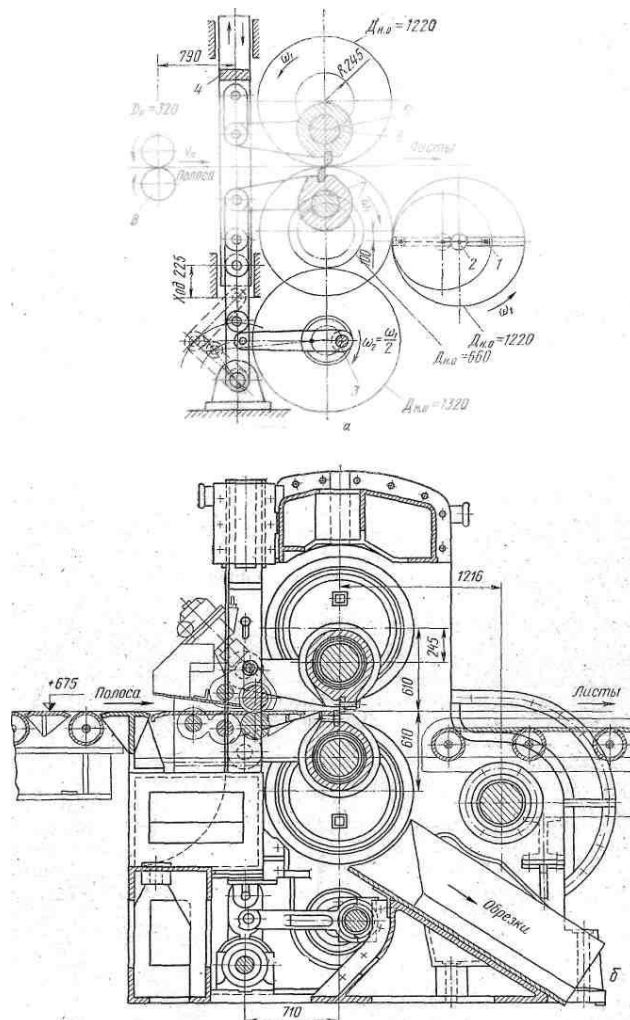


Рисунок 1.1 - Кінематична схема (а) і загальний вид, (б) важільно-кривошипних летучих ножиць: 1 — двохкривошипний механізм привода ножиць (показаний у положенні закінчення різання; пунктиром зображена провідна куліса з боку, електродвигуна); 2 — приводний вал ножиць із шестірнею-кулісою; 3 — кривошипно-шатунний привод вертикального переміщення штанги (пропуск різ); 4 — штанги; 5 — супорт верхнього ножа; 5 — кривошип; 7 — супорт нижнього ножа; 8 — подаючі ролики

					КНУ.КБР.131.26.4-05.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

Головна перевага важільно-кривошипних механізмів полягає в тому, що під час різання верхній і нижній ножі здійснюють складний рух: вони переміщуються вздовж напрямку руху металу, синхронізуючи свою швидкість зі швидкістю прокату, що запобігає його деформації.

1.2 Технологічний процес складання

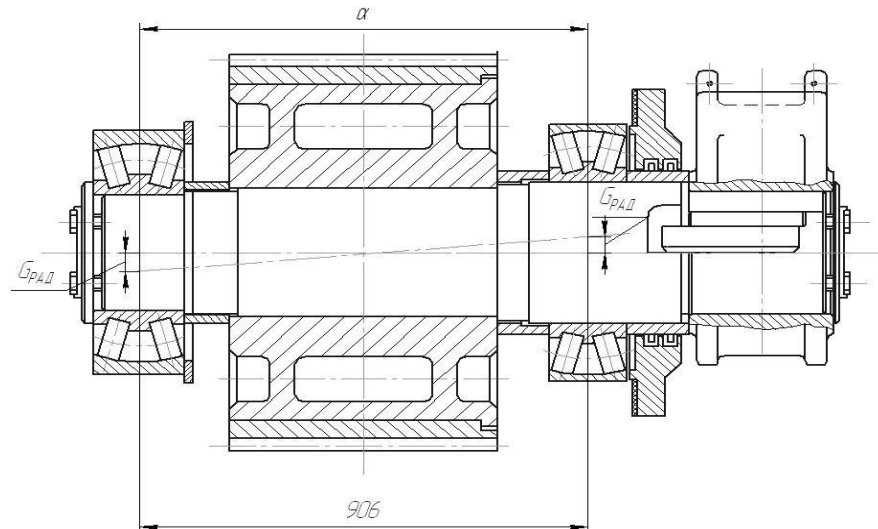


Рисунок 1.2 – Схема вузла Ножевий вал нижній

Визначаємо порядок складання вузла ножевий вал нижній та представляємо послідовність складання на рисунку 1.3.

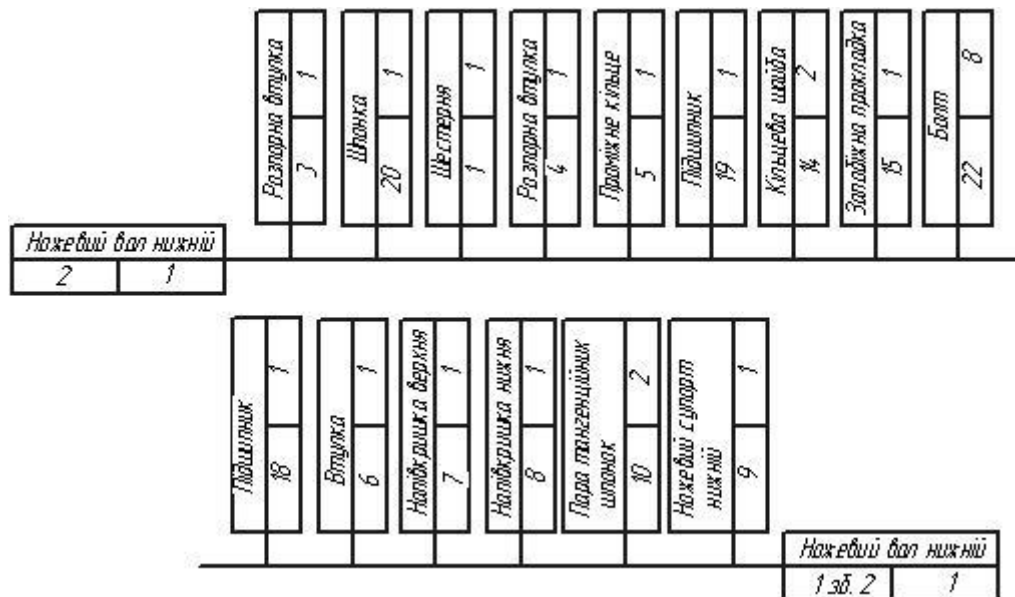


Рисунок 1.3 – Схема складання вузла ножевий вал нижній

На основі схеми складання розроблюємо операційний технологічний процес складання, що складається з надресовки підшипників на вал, встановлення на валу втулок, стопоріння їх штифтами, встановлення кришок,

напресовка шпонок, обойми та напівмувти. Послідовність процесу відображаємо у технологічних картах складання.

1.3 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів заміन

У контексті конструкції безперервного дрібносортного прокатного стану МС 250-4-2 (який функціонує в умовах високошвидкісної прокатки арматурних профілів, круглого прокату чи катанки), деталь «Ножовий супорт нижній» є відповідальним високоресурсним силовим елементом виконавчого механізму розділення металу (летючих ножиць або вузла аварійного кришення розкату).

Його інтеграція у структуру вузла прокатної шестеренної кліті (або суміщеного комбінованого приводного блоку) обумовлена технологічною необхідністю жорсткої кінематичної синхронізації: швидкість руху різальних ножів має бути строго узгоджена з лінійною швидкістю виходу металу з робочих валків кліті для забезпечення безударного розрізання розкату в русі.

Головне службове призначення нижнього ножового супорта полягає у виконанні таких завдань:

1. Базування та жорстка фіксація різального інструменту.

Супорт є безпосередньою тримальною та опорною базою для встановлення, центрування і надійного закріплення нижнього ножа (або ножової касети). Він утримує різальну кромку інструменту в строго визначеному просторовому положенні відносно осі прокатки та траєкторії руху верхнього ножа.

2. Сприйняття та демпфування ударних динамічних навантажень.

У момент поперечного розрізання металу (під час порізки на мірні довжини, обрізання переднього/заднього кінців або при переході в режим аварійного розкрою) виникають миттєві колосальні зусилля різання ($P_{різ}$). Нижній супорт безпосередньо сприймає ці радіальні, тангенціальні та осьові сили, гасить виникаючі ударні вібрації та перенаправляє їх на корпусні елементи (станину), захищаючи приводні вали та зубчасті зачеплення шестеренної кліті від передчасного руйнування.

3. Забезпечення та стабілізація технологічного міжножового зазору.

Для забезпечення високої якості зрізу профілю (мінімізації задирок, викривлень торця чи дефектів типу «язик») супорт повинен мати високу власну жорсткість. Це унеможливорює пружне відтиснення нижнього ножа під дією сил опору різанню, зберігаючи стабільний мікроскопічний зазор між ножами.

4. Регулювання та компенсація зносу інструменту.

Конструкція супорта передбачає наявність спеціальних пазів, посадочних місць під клин або прокладки, що дозволяє операторам виконувати точне міжопераційне налаштування положення ножа, а також компенсувати його геометричний знос після переточування під час сервісного обслуговування стану.

Експлуатаційні вимоги до деталі, що визначають її конструкцію:

Оскільки супорт працює у важких умовах металургійного виробництва (високі температури розкату, наявність окалини, циклічні удари), до нього висуваються особливі вимоги в межах КТПВ:

					КНУ.КБР.131.26.4-05.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

Висока втомна міцність та жорсткість (найчастіше виготовляється у вигляді масивних виливків із високоякісних конструкційних сталей або спеціального чавуну з наступною термообробкою).

Висока зносостійкість напрямних та посадочних поверхонь.

Суворі точність геометричної форми (паралельність та перпендикулярність базових пазів), що безпосередньо впливає на сумарну похибку базування інструменту у всьому вузлі кліті.

Всім цим вимогам деталі відповідає сталь 50Л ДСТУ 8781:2018.

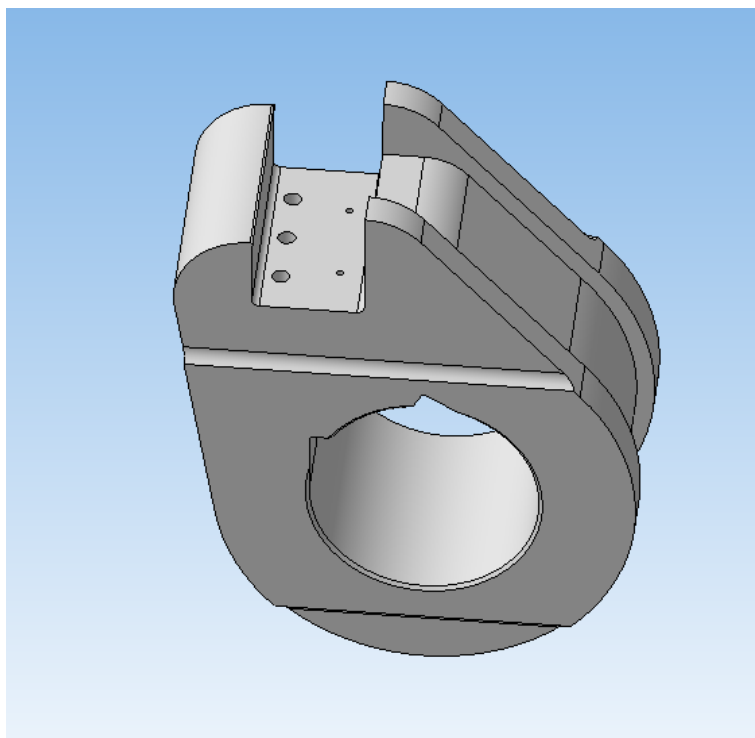


Рисунок 1.4-3D модель ножового супорту нижнього

Замінники сталі 50Л ДСТУ 8781:2018, сталь 55Л ДСТУ 8781:2018.

Таблиця 1.1 - Хімічний склад, %

Сталь	C	Si	Mn	Cu	Ni	S	P	Cr
50Л	0,47-0,55	0,2-0,52	0,45-0,9	0-0,3	0-0,3	0-0,035	0-0,035	0-0,3
55Л	0,52-0,6	0,2-0,52	0,4-0,9	0-0,3	0-0,3	0-0,045	0-0,04	0-0,3

Таблиця 1.2 - Механічні властивості

Сталь	σ_T , МПа	$\sigma_{вр}$, МПа	Δ_5 , %	ψ , %	Твердість НВ, не більше
	не менше				
50Л	400	1080	12	50	159-240
55Л	470	1200	4	50	

1.4 Аналіз якості поверхонь деталей

Проводимо нумерацію поверхонь на кресленні деталі.

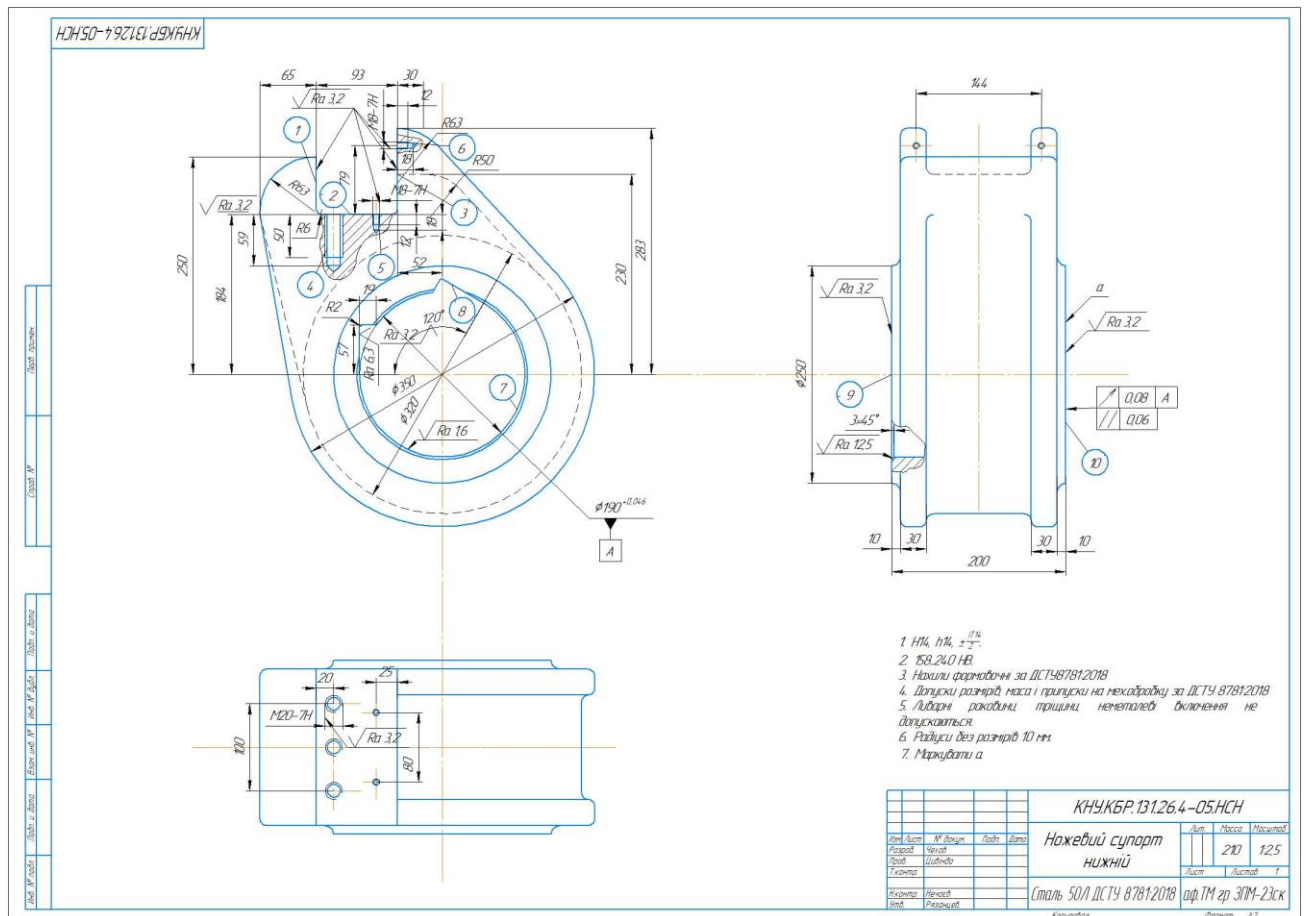


Рисунок 1.5 – Пронумеровані поверхні ножового супорту нижнього

Основні поверхні служать для визначення положення деталі у вузлі. Основною поверхнею є отвір 7 та базовий торець 10, отвір виготовляється за IT7 з шорсткістю Ra1,6, базовий торець – Ra3,2.

Допоміжні поверхні служать для визначення положення деталей, що приєднуються до деталі, яка розглядається. До допоміжних поверхонь відносяться другий торець 9 Ra3,2, шпоночний паз 1,2,3 Ra3,2.

До спряжених поверхонь відносяться:

- 4,5,6 – різьбові отвори, що позначені на кресленні M20 – 7H і M8 – 7H, шорсткість поверхні Ra3,2,

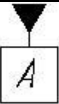
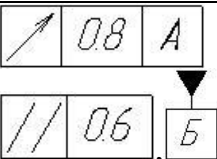
- 8 – шпоночні пази, шорсткість поверхні Ra3,2, квалітет 8.

До вільних поверхонь відносяться:

- фаски, що представлені поверхнями .

У таблиці 1.3 приведені характеристики поверхонь.

Таблиця 1.3 – Аналіз якості поверхонь

№ пов.	Номінальний розмір	Квалітет, IT	Допуск Т чи відхилення розміру	Шорсткість, Ra	Відхилення форми і розташування поверхонь
1	2	3	4	5	6
1,2,3	93	14		Ra3,2	
4	M20 – 7H	7	7H	Ra3,2	
5	M8 – 7H	7	7H	Ra3,2	
6	M8 – 7H	7	7H	Ra3,2	
7	Ø190	7	$(\begin{smallmatrix} +0,046 \\ 0 \end{smallmatrix})$	Ra1,6	
8	57, 19	14		Ra1,6, Ra3,2	
9, 10	Ø250, 200	14	H14	Ra3,2	

$$T_1 > T_2 > T_3$$

$$0,74 > 0,8 > 3,2$$

Отже, із вище перерахованого, можна зробити висновок, що якість та властивості поверхневого шару відрізняються для різних поверхонь. Для основних та виконавчих поверхонь потрібна низька шорсткість, висока точність, виконуватися умова зносостійкості та міцності поверхневого шару, що досягається об'ємним гартуванням. Точність та шорсткість вільних поверхонь не потребує бути високою.

Таким чином, вимоги до шорсткості, квалітетів допусків, допуски відхилення від форми та розташування поверхонь, що позначені на кресленні, дають можливість обробки деталі на верстатах нормальної точності.

1.5 Технічний контроль робочого креслення

На кресленні представлена деталь ножовий супорт нижній трьома видами. Цього достатньо для уявлення про форму деталі. Не на всі діаметральні розміри проставлені допуски, довжини без допусків. Вільні розміри виготовляються за 14 квалітетом, про що свідчить записи на полі креслення. На основні і допоміжні проставлена шорсткість, інші – не оброблюються, про що свідчить запис на полі креслення. Базою є отвір $\text{Ø}190(\begin{smallmatrix} +0,046 \\ 0 \end{smallmatrix})$ мм, про свідчить затемнений трикутник. Основна і допоміжні поверхні зв'язані між собою торцевим биття. На полі креслення записані вимоги до твердості матеріалу деталі HB 158..240. В штампі є маса деталі 210кг, масштаб креслення, назва деталі, матеріал – сталь 50Л ДСТУ 8781:2018. Таким чином, на кресленні є вся необхідна інформація для однозначного визначення точності, шорсткості, твердості поверхонь, тобто якості деталі.

					КНУ.КБР.131.26.4-05.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

1.6 Аналіз технологічності

1.6.1 Якісний аналіз технологічності

Заготовку деталі одержують шляхом орієнтації на той спосіб виготовлення, який забезпечить їй максимальне наближення до готової деталі. У цьому випадку суттєво скорочується використання матеріалу, об'єм механічної обробки і знижується технологічна собівартість деталі. Однак при цьому збільшуються затрати на технологічне обладнання й оснащення, його ремонт і обслуговування. Тому при виборі способу одержання заготовки необхідно виконувати техніко – економічний аналіз всіх можливих варіантів. Для даної деталі можна виділити способи одержання заготовки: відливка в пісчано – глинясту форму, відливка в кокіль. Ножовий супорт нижній характеризується простою формою, що забезпечує вільне відведення різального інструмента до всіх поверхонь деталі. Жорсткість деталі:

$$\frac{l}{d} = \frac{458}{200} = 2,29 - \text{деталь жорстка.}$$

Це зумовлює можливість одночасної обробки декількома різальними інструментами на підвищених режимах різання. Необхідна точність та шорсткість поверхонь згідно креслення деталі досягається за рахунок використання верстатів нормальної точності. Необхідність у використанні верстатів підвищеної точності відсутня.

Отже, враховуючи розглянуті раніше питання можна зробити висновок про технологічність даної деталі. Деталь ножовий супорт нижній в цілому є технологічною.

1.6.2 Кількісний аналіз технологічності

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{B.M.} = \frac{Q_d}{Q_3} = \frac{210}{254} = 0,82 \quad (1.1)$$

Коефіцієнт уніфікації:

$$K_{yH} = \frac{n}{N} = \frac{31}{42} = 0,74 \quad (1.2)$$

Коефіцієнт уніфікації повинен перевищувати 0,9. В нашому випадку $K_{yH}=0,74$, що говорить про значну кількість розмірів, що не належать до лінійних рядів.

Середня шорсткість:

$$Ra_{cp} = \frac{\sum Ra \cdot n}{N} = \frac{1,6 \cdot 1 + 3,2 \cdot 14 + 6,3 \cdot 2 + 12,5 \cdot 1}{18} = 3,97 \quad (1.3)$$

Отже, вимоги до шорсткості деталі середні.

					КНУ.КБР.131.26.4-05.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

Середня точність:

$$IT_{cp} = \frac{\sum IT \cdot n}{N} = \frac{7 \cdot 11 + 14 \cdot 7}{18} = 9,72 \quad (1.4)$$

Отже, вимоги до точності середні.

Можна зробити висновок, що деталь ножовий супорт нижній середні вимоги до точності, середні для шорсткості, що дозволяє оброблюватися на верстатах середньої точності.

1.9 Вибір, техніко-економічне обґрунтування та проектування заготовки

1.9.1 Вибір і техніко-економічне обґрунтування заготовки

Для обґрунтування варіантів одержання заготовки використовуємо матрицю впливу факторів, що представлена таблицею 1.4.

Таблиця 1.4 – Матриця впливу факторів

Спосіб виготовлення заготовки	Фактори				Сума
	Форма і розміри заготовки	Точність та якість поверхневого шару	Технологічні властивості матеріалу	Економія матеріалу	
Лиття в пісчано-глинисті форми	+	-	+	+	3
Лиття в кокіль	-	-	+	-	1
Лиття в оболонкові форми	-	-	+	-	1
Прокат з заміною матеріалу	-	-	+	-	1

Можна зробити висновок, що найбільш оптимальним способом отримання заготовки є лиття в пісчано-глинисті форми.

Проводимо техніко-економічне порівняння варіантів одержання заготовки.

Вартість заготовки обчислюється за формулою 1.5

$$A = M \cdot C \cdot K_n \cdot K_c \cdot K_{оп} - (Q - q) \cdot Ц \quad (1.5)$$

де М – маса заготовки, С – вихідна оптова ціна 1 кг заготовки (С=50,823грн. для сталі, С=50,98грн. для ливарної сталі), К_н – коефіцієнт, що враховує групу складності заготовки, К_с – коефіцієнт, що враховує виготовлення заготовок, К_{оп}

					КНУ.КБР.131.26.4-05.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

– коефіцієнт, що враховує масу заготовки, q – чиста маса деталі, Π – ціна 1 кг відходів ($\Pi=25$ грн.), Z_0 – заробітна плата по операціям механічної обробки, грн.

Вартість відливки в пісчано - глинясті форми:

$$A = 254 \cdot 50,98 \cdot 0,86 \cdot 0,82 \cdot 1 - (254 - 210) \cdot 25 = 8031,578 \text{ грн}$$

Вартість відливки в кокіль:

$$A=233 \cdot 50,98 \cdot 0,86 \cdot 0,82 \cdot 1 - (233-210) \cdot 25=7801,605 \text{ грн}$$

Таким чином, можна зробити висновок, що вибір відливки в кокіль в якості заготовки є економічно вигідним, але враховуючи, що додається ще вартість кокіля, обираємо лиття в пісчано-глинисті форми.

1.9.2 Проектування заготовок

Невказані допуски розмірів $\pm \frac{IT14}{2}$. Враховуючи той факт, що виробництво механізоване серійне вибираємо середнє значення 10. Враховуючи, що розмір Ø200 мм отримуємо в одній частині форми допуск беремо на клас точніше. Ступінь короблення максимальна 7. Граничне відхилення короблення $\pm 0,6\text{мм}$. Маса деталі 210 кг. Верхнє граничне відхилення маси відливки 3% .

Сумарна погрішність на Ø розміри включає тільки граничні відхилення зсуву елементів відливки від номінальних положень, та погрішність базування заготовки при механообробки. Враховуючи те, що другу погрішність не знаємо, то приймаємо до уваги тільки першу погрішність $\pm 0,8$. Величина, яка не перевищує половину допусків на всі Ø розміри, тому на ці Ø розміри допоміжний припуск не назначаємо.

Дані проектування заносимо в таблицю 1.5.

Таблиця 1.5- Дані заготовки деталі

№ з/п	Номінальний розмір деталі	Хар-ка поверхні		Допуск	Граничні відхилення	Основний припуск	Додатковий припуск	Р-р заготовки	Примітка
		Квалітет	Шорсткість						
1	Ø350	14	?	2	±1	0	-	Ø350 ±1	$\delta_{3M}=0$, 6 ВКВ=3
2	Ø320	14	?	2	±1	0	-	Ø320 ±1	
3	Ø190	7	?	1,8	±0,9	3,6*2	-	Ø197, 2 ±0,9	

Змі

Арку

№

Підпис

Дат

КНУ.КБР.131.26.4-05.01.ТПВ

Арку

4	Ø250	14	?	1,8	±0,9	0	-	Ø250 ±0,9
5	283	14	?	2	±1	0		283±1
6	250	14	?	1,8	±0,9	0		250±0,9
7	230	14	?	1,8	±0,9	0		230±0,9
8	200	10	3,2	1,8	^{+0,4} -0,5	3,6*2	0,2	207,4 ^{+0,4} -0,5
9	158	14/10	7/3,2	2	±1	0/3,2*2		161,2±1

1.10 Вибір і обґрунтування баз

До конструкторських основних баз відноситься внутрішня циліндрична поверхня 7 Ø190Н7мм з шорсткістю Ra1,6, торцева поверхня 1 Ø250мм з шорсткістю Ra3,2.

До технологічних баз відносяться торці 9 та 10 (карусельна чорнова, напівчистова), внутрішня циліндрична поверхня 7 Ø190мм та торець 1(токарна чистова, шліфувальна), поверхня 13 Ø250Н8 та торець 3 (токарна чистова, тонке точіння).

Вимірювальні бази співпадають з конструкторськими основними базами.

Теоретична схема базування з вказівкою 6 опорних точок зображена на рисунку 1.6.

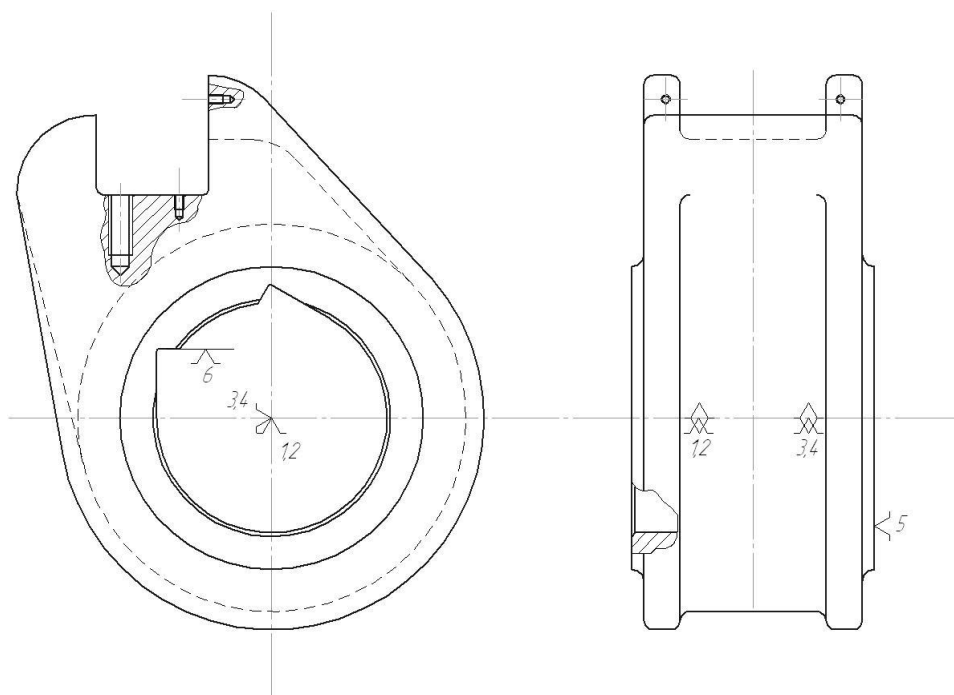


Рисунок 1.6 – Теоретична схема базування

На першій операції деталь закріплюють за так звані чорнові бази, що представлені внутрішньою циліндричною поверхнею 7 Ø190мм та торцем 10 Ø250мм. Ці поверхні добре розвинені.

					КНУ.КБР.131.26.4-05.01.ТПВ			Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат				

Схеми базування деталі на токарному та шліфувальному верстатах при різних установах зображені на рисунку 1.7, на багатоопераційному та довбальному – рисунок 1.8.

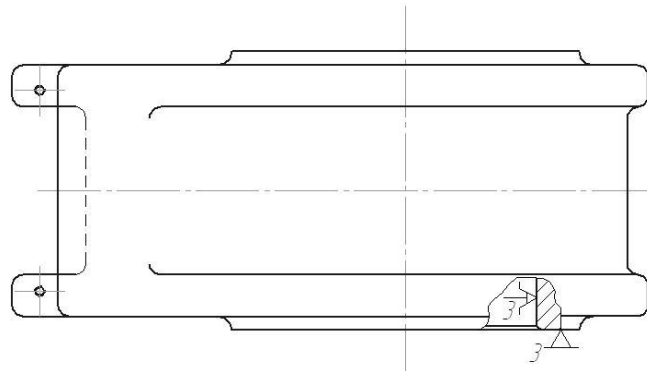


Рисунок 1.7 – Схема базування на карусельному та багатоопераційному верстаті

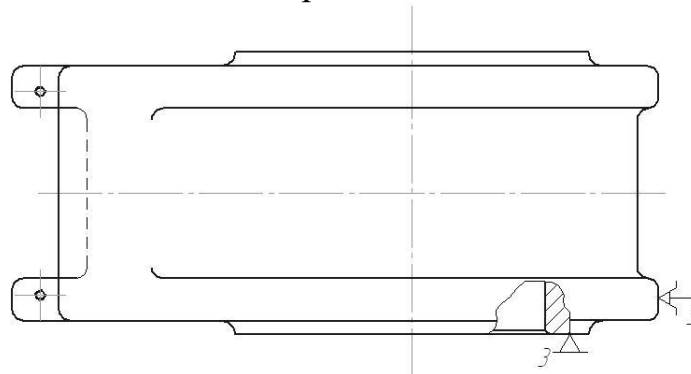


Рисунок 1.8 – Схема базування на довбальному верстатах

Принцип єдності баз частково зберігається, це пояснюється наявністю переустановив на при обробці.

1.11 Вибір і обґрунтування послідовності обробки поверхонь

На зовнішні, внутрішні і торцеві поверхні визначаємо кількість послідовних переходів з поступовим наближенням до необхідної точності і шорсткості. Отримані результати представлені у таблиці 1.6

Таблиця 1.6 – Послідовність переходів

№ поверхні, розмір	Найменування переходу	Шорсткість, Ra	Точність, IT	Допуск, мкм
1,2,3 93	Заготовка	-	14	870
	Фрезерування шпоночного пазу чорнове	12,5	13	540
	Фрезерування шпоночного пазу напівчистове	6,3	12	350
	Фрезерування шпоночного пазу чистове	3,2	9	87

					КНУ.КБР.131.26.4-05.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

4 M20– 7H	Свердлити	12,5	14	520
	Нарізати різьбу M20	3,2	-	-
5, 6 M8 – 7H	Свердлити	12,5	14	740
	Нарізати різьбу M8	3,2	-	-
7 Ø190H7	Заготовка	-	14	1150
	Розточування чорнове	12,5	13	720
	Розточування напівчистове	6,3	12	460
	Розточування чистове	3,2	9	115
	Шліфування	1,6	7	46
8 57,19	Заготовка	-	-	-
	Довбати шпоночні пази	3,2	8	46
9, 10 Ø250, 200	Заготовка	-	14	900
	Фрезерування чорнове	12,5	12	460
	Фрезерування напівчистове	6,3	11	290
	Фрезерування чистове	3,2	10	185

1.12 Розробка маршруту обробки деталі

На основі базового технологічного процесу розроблюємо технологічну послідовність деталі, що представлена у таблиці 1.7

Таблиця 1.7 – Маршрут обробки деталі

№	Найменування операції	Номер оброблюємої поверхні	Номер базуємої поверхні	Тип та модель верстата
005	Термообробка	-	-	-
010	Токарно-карусельна	9,10,7	10,9	1512
015	Довбальна	8	9	ГД500
020	Багатоопераційна з ЧПК	1,2,3,4,5,6	7,8	2204ВМФ4
025	Технічний контроль	-	-	-

1.13 Розробка технологічної операції

В залежності від моделі верстата, характеру обробки обираємо різальний, допоміжний та вимірювальний інструмент та заносимо до таблиці 1.8

Таблиця 1.8 – Послідовність технологічних операцій

№ операції та переходів	1. Назва операції	Інструмент (різальний, допоміжний, вимірювальний)
	2. Верстат 3. Зміст переходів технологічної операції	

005	Термообробка	-
010	1 Карусельна 2 Карусельний 1512 3 Обробка циліндричної поверхні начорно, напівчисто, начисто, тонке точіння. Обробка торцевих поверхонь начорно, напівчисто	Патрон 7100-0011 ДСТУГОСТ2675-80, штангенциркуль ШЦ-II-250 ДСТУ EN ISO 13385-1:2022, Різець розточний з пластинами із твердого сплаву для наскрізних отворів, 2140-0060 ДСТУГОСТ 18882-73, Алмазний різець для наскрізних отворів 2140- 0204 ДСТУГОСТ13297-86 Фреза дискова трьохстороння зі вставними ножами оснащена твердим сплавом спеціальна В=93мм
015	1 Довбальна 2 Довбальний ГД500 3 Довбання шпоночних пазів	Різець довбальний, В=20мм, ВК8, 2180-0801 ДСТУГОСТ10046-72, штангенциркуль ШЦ-II-250 ДСТУ EN ISO 13385-1:2022
020	1 Багатоопераційна 2 Багатоцільовий з ЧПУ 2204ВМФ4 3 Обробка циліндричних поверхонь начисто, обробка отворів	Свердло спіральне D=18мм, ВК8, 2301-3605 ДСТУГОСТ 10903-77, втулка 50-2 ОСТ2 П12-7-84, зенківка 2353-0003 ДСТУГОСТ14953-69, мітчик М20, 2621-1731 2620-3405 ДСТУГОСТ 17933-72, втулка 6143-0115 ДСТУГОСТ15936-70, патрон 6251-0184 ДСТУГОСТ14077-83, втулка 50-4 ОСТ2 П12-7-84, свердло спіральне D=6мм, ВК8, 2301-3553 ДСТУГОСТ 10903-77, мітчик М6, 2620-3421 ДСТУГОСТ 17933-72

1.14 Розрахунок міжопераційних розмірів і припусків на обробку

1.14.1 Аналітичний розрахунок припусків на внутрішню циліндричну поверхню

Для розрахунку припусків вибираємо внутрішню циліндричну поверхню Ø190H7(^{+0,046})мм. Розрахунок ведемо аналітичним методом.

Послідовність обробки заносимо в графу 1 таблиці 3.6. Дані для заповнення граф 3,4 для заготівлі відливки узяті з [2, с. 182, табл. 7]. В графу 9 заносимо величини допусків.

					КНУ.КБР.131.26.4-05.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

Розточування чорнове:

Величину відхилень Δ_{Σ} при розточуванні чорновому визначаємо за формулою

$$\Delta_{\Sigma} = 0,25\sqrt{T^2 + 1} = 0,25\sqrt{1150^2 + 1} = 287,5 \text{ мкм}, \quad (1.6)$$

де T – допуск на розмір, мкм;

Розточування напівчистове:

Величину залишкових просторових відхилень Δ_r визначають по рівнянню:

$$\Delta_r = K_y \cdot \Delta_{\Sigma} = 0,06 \cdot 287,5 = 17,25 \text{ мкм}, \quad (1.7)$$

де $K_y = 0,06$ - коефіцієнт уточнення [2, с. 190, табл. 29].

Розточування чистове: $\Delta_r = K_y \cdot \Delta_{\Sigma} = 0,05 \cdot 17,25 = 0,8625 \text{ мкм}$, приймаємо $\Delta_r = 1$

мкм

Розточування тонке: $\Delta_r = 0$.

Похибка установки заготовки в патроні становить: $\varepsilon_1 = 100 \text{ мкм}$ [2, с. 42, табл. 13].

При відсутності переустановки $\varepsilon_1 = 0$.

Результати розрахунків вносимо в графу 6 таблиці 3.6.

Розрахунок мінімальних припусків на діаметральні розміри для кожного переходу виконують по рівнянню:

- розточування чорнове $2Z_{i\min} = 2(200 + 200 + 287,5) = 1375 \text{ мкм}$;
- розточування напівчистове $2Z_{i\min} = 2(40 + 60 + 17,25 + 250) = 734,5 \text{ мкм}$;
- розточування чистове $2Z_{i\min} = 2(25 + 40 + 1 + 250) = 632 \text{ мкм}$;
- розточування тонке $2Z_{i\min} = 2(10 + 30) = 80 \text{ мкм}$;

Розрахункові значення припусків заносимо в графу 7 (таблиця 1.9)

$$\begin{aligned} 189,954 - 0,080 &= 189,874 \text{ мм}, \\ 189,874 - 0,632 &= 189,242 \text{ мм}, \\ 189,242 - 0,7345 &= 188,5075 \text{ мм}, \\ 188,5075 - 1,375 &= 187,1325 \text{ мм}, \end{aligned}$$

Найменші граничні розміри по переходах:

$$\begin{aligned} 189,954 + 0,046 &= 190 \text{ мм}, \\ 189,874 + 0,115 &= 189,989 \text{ мм}, \\ 189,242 + 0,460 &= 189,702 \text{ мм}, \\ 188,5075 + 0,720 &= 189,2275 \text{ мм}, \\ 187,1325 + 1,150 &= 188,2825 \text{ мм}. \end{aligned}$$

Результати розрахунків вносимо в графу 10 табл. 1.9

Мінімальні припуски:

$$\begin{aligned} 190 - 189,989 &= 0,011 \text{ мм}, \\ 189,989 - 189,702 &= 0,287 \text{ мм}, \\ 189,702 - 189,2275 &= 0,4745 \text{ мм}, \\ 189,2275 - 188,2825 &= 0,945 \text{ мм}. \end{aligned}$$

Максимальні припуски:

$$\begin{aligned} 189,954 - 189,874 &= 0,08 \text{ мм}, \\ 189,874 - 189,242 &= 0,632 \text{ мм}, \\ 189,242 - 188,5075 &= 0,7345 \text{ мм}, \end{aligned}$$

					КНУ.КБР.131.26.4-05.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

$$188,5075-187,1325=1,375\text{мм.}$$

Результати розрахунків вносимо в графу 12 і 13 табл. 1.9

Розрахунок загальних припусків виконуємо за рівняннями:

- найбільшого припуску:

$$Z_{0\max} = \Sigma Z_{\max} = 0,08 + 0,632 + 0,7345 + 1,375 = 2,8215\text{мм};$$

- найменшого припуску:

$$Z_{0\min} = \Sigma Z_{\min} = 0,011 + 0,287 + 0,4745 + 0,945 = 1,7175\text{мм.}$$

Перевірка правильності розрахунків:

$$Z_{0\max} - Z_{0\min} = 2,8215 - 1,7175 = 1,104\text{мм};$$

$$T_3 - T_d = 1,150 - 0,046 = 1,104\text{мм.}$$

Отже, розрахунки вірні.

Таблиця 1.9 - Результати розрахунку припусків на обробку та граничних розмірів по технологічним переходам

Маршрут обробки поверхні Ø190H7	Квалітет	Елементи припуску, мкм				Розрахункові величини		Допуск на виконуваний розмір, мкм	Прийняті (округлені) розміри заготовлі по переходах, мкм		Граничний припуск, мкм	
		Rz	h	ΔΣ	ε	Z _i , мкм	Макс. діаметру, мм		Найбільші	Найменші	Z _{max}	Z _{min}
1		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Відливка	14	200	200	287,5	-	-	187,1325	1150	188,2825	187,1325	-	-
Розточування чорнове	13	40	60	17,25	250	1375	188,5075	720	189,2275	188,5075	1,375	0,945
Розточування напівчистове	12	25	40	1	250	734,5	189,242	460	189,702	189,242	0,7345	0,4745
Розточування чистове	9	10	30	0	0	632	189,874	115	189,989	189,874	0,632	0,287
Розточування тонке	7	5	20	0	0	80	189,954	46	190	189,954	0,08	0,011

Схема припусків на обробку зображена на рисунку 1.9.

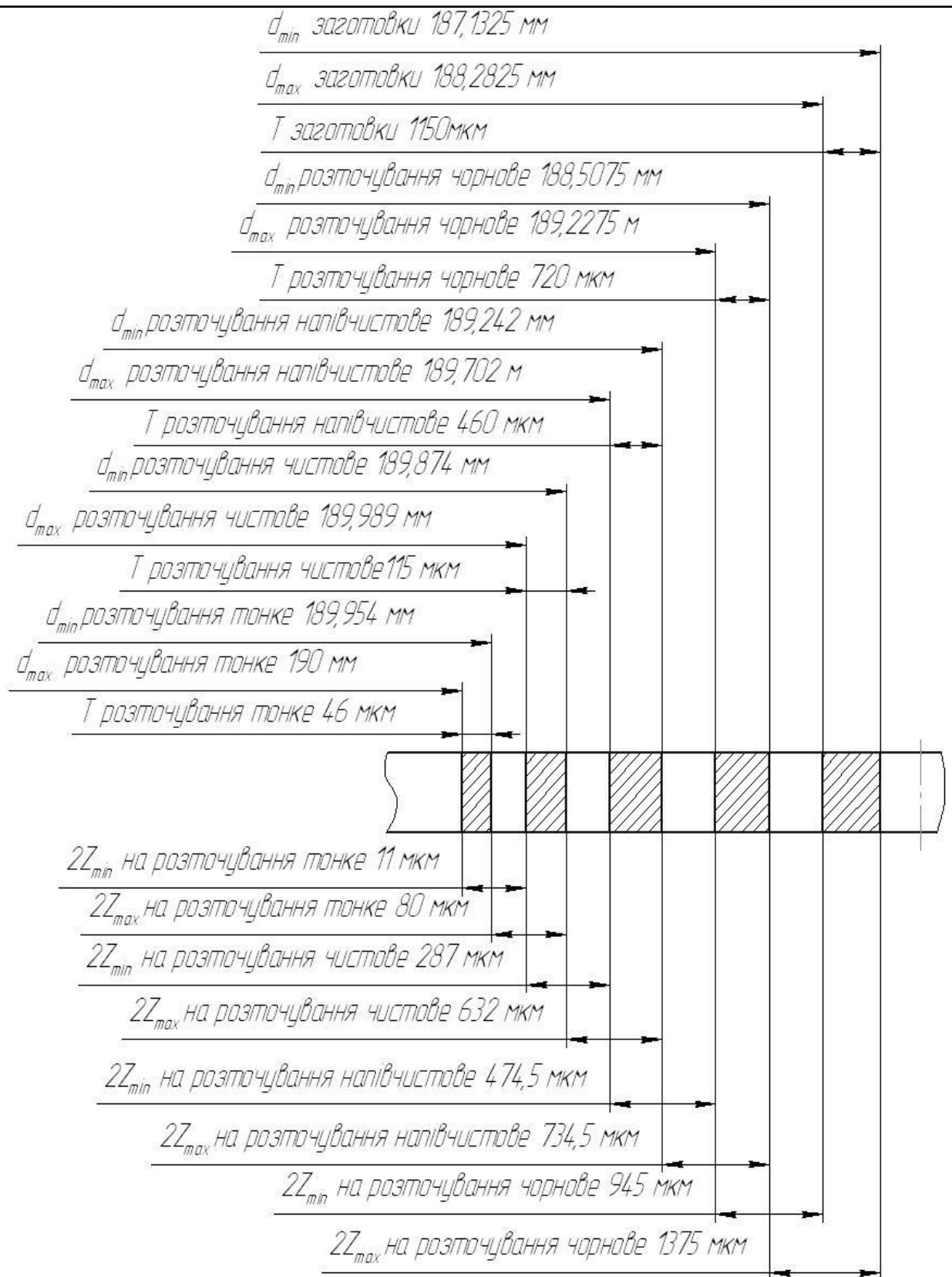


Рисунок 1.9 – Схема припусків на обробку $\varnothing 190H7$ мм

Змі	Арку	№	Підпис	Дат

КНУ.КБР.131.26.4-05.01.ТПВ

Арку

1.14.2 Розрахунок міжопераційних лінійних розмірів

Проводимо розрахунки міжопераційних лінійних розмірів деталі ножовий нижній супорт. Схему технологічного процесу обробки торців деталі зображена на рисунку 1.12 Вихідні дані по розрахунку приведені в таблиці 1.10. Розрахунки приведені у таблиці 1.11.

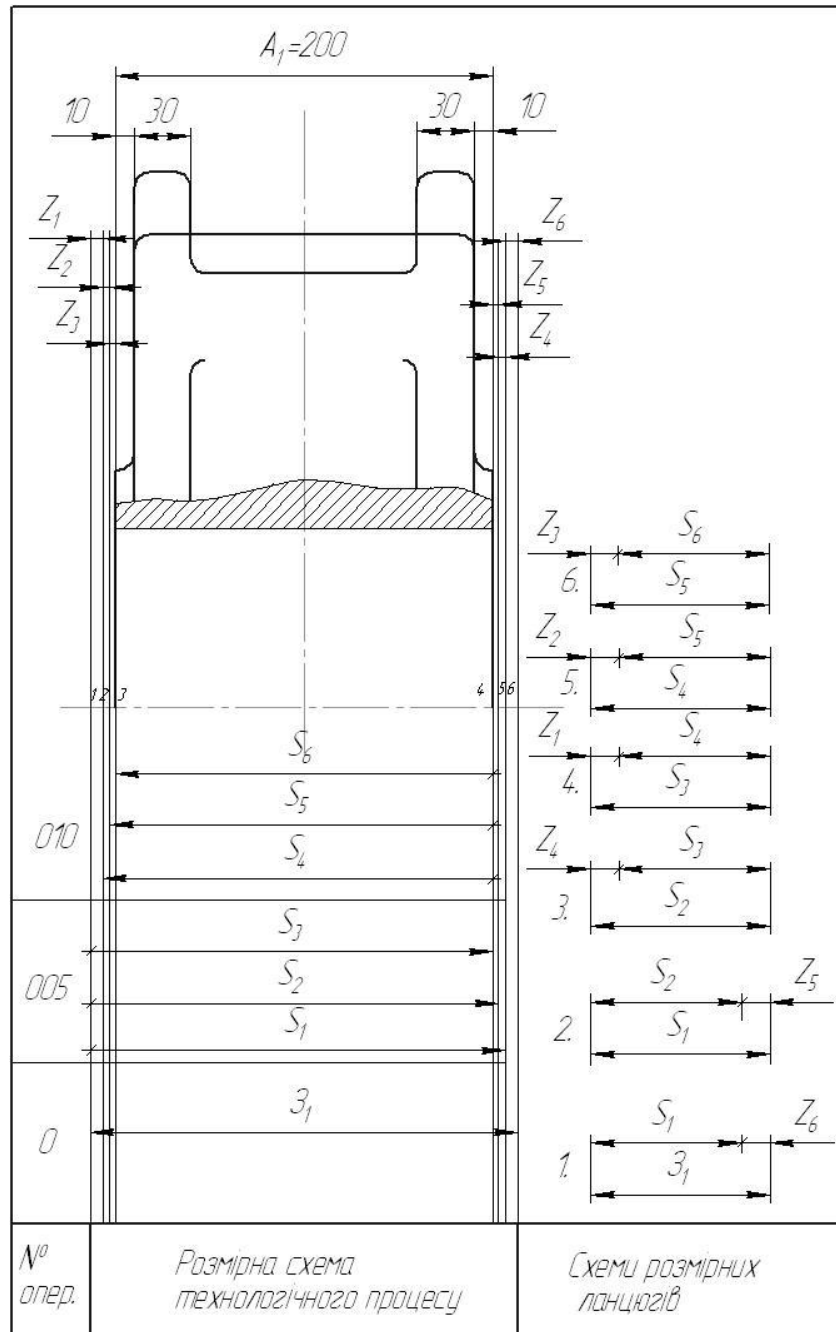


Рисунок 1.10 – Схема припусків на обробку

Таблиця 1.10—Вихідні дані для розрахунку

№ по в	Послідовність обробки поверхонь	Номинальний розмір, мм	Шорсткість, Ra	Точність, IT		Допуск, T		Припуск, t		Припуск Z_I
				Назн.	Уточн.	Назн.	Уточн.	Назн.	Уточн.	
10	Заготовка	207,4	25	14	14	9	9	3,6	3.6	
	Фрезерування чорнове	S_1	12,5	12	12	0,46	0,46	1,4	$1,4^{+0,17}_{-0,27}$	Z_6
	Фрезерування напівчистове	S_2	6,3	11	11	0,29	0,29	1,3	$1,3 \pm 0,085$	Z_5
	Фрезерування чистове	S_3	3,2	10	10	$0,18_5$	$0,18_5$	0,9	$0,9 \pm 0,052_5$	Z_4
9	Фрезерування чорнове	S_4	12,5	12	12	0,46	0,46	1,4	$1,4 \pm 0,137_5$	Z_1
	Фрезерування напівчистове	S_5	6,3	11	11	0,29	0,29	1,3	$1,3 \pm 0,085$	Z_2
	Фрезерування чистове	200	3,2	10	10	$0,18_5$	$0,18_5$	0,9	$0,9 \pm 0,04$	Z_3

Таблиця 1.11—Розрахунок технологічних розмірних ланцюгів обробки торців валу

№	Рівняння розм. ланц.	Вихідне значення	Технологічний розмір	Допуск технологічного розміру	Технологічний розмір настроювання	Граничні значення припусків (уточнені)
1	$S_1 = Z_1 - Z_6$	$Z_1 = 207,4^{+0,4}_{-0,5}$, $Z_6 = 1,4$	$S_1 = 207,4 - 1,4 = 206$	IT12 $T = 0,46$	$S_1 = 206 \pm 0,23$	$Z_6 = Z_1 - S_1 = 207,4^{+0,4}_{-0,5} - 206 \pm 0,23 = 1,4^{+0,17}_{-0,27}$
2	$S_2 = S_1 - Z_5$	$S_1 = 206 \pm 0,23$, $Z_5 = 1,3$	$S_2 = 206 - 1,3 = 204,7$	IT11 $T = 0,29$	$S_2 = 204,7 \pm 0,145$	$Z_5 = S_1 - S_2 = 206 \pm 0,23 - 204,7 \pm 0,145 = 1,3 \pm 0,085$
3	$S_3 = S_2 - Z_4$	$S_2 = 204,7 \pm 0,145$, $Z_4 = 0,9$	$S_3 = 204,7 - 0,9 = 203,8$	IT10 $T = 0,185$	$S_3 = 203,8 \pm 0,0925$	$Z_4 = S_2 - S_3 = 204,7 \pm 0,145 - 203,8 \pm 0,0925 = 0,9 \pm 0,0525$
4	$S_4 = S_3 - Z_1$	$S_3 = 203,8 \pm 0,0925$, $Z_1 = 1,4$	$S_4 = 203,8 - 1,4 = 202,2$	IT12 $T = 0,46$	$S_4 = 202,2 \pm 0,23$	$Z_1 = S_3 - S_4 = 203,8 \pm 0,0925 - 202,2 \pm 0,23 = 1,4 \pm 0,1375$
5	$S_5 = S_4 - Z_2$	$S_4 = 202,2 \pm 0,23$, $Z_2 = 1,3$	$S_5 = 202,2 - 1,3 = 119,5$	IT11 $T = 0,29$	$S_5 = 200,9 \pm 0,145$	$Z_2 = S_4 - S_5 = 202,2 \pm 0,23 - 200,9 \pm 0,145 = 1,3 \pm 0,085$
6	$S_6 = S_5 - Z_3$	$S_5 = 200,9 \pm 0,145$, $Z_3 = 0,9$	$S_6 = 200,9 - 0,9 = 200$	IT10 $T = 0,185$	$S_6 = 200 \pm 0,185$	$Z_3 = S_5 - S_6 = 200,9 \pm 0,145 - 200 \pm 0,185 = 0,9 \pm 0,04$

1.14.3 Вибір міжопераційних розмірів і припусків на обробку

Згідно розрахунків, що приведені вище, заповнюємо таблицю 1.12 на всі поверхні.

Таблиця 1.12 – Міжопераційні розміри та припуски на обробку

№ пов.	Найменування переходу	Шорсткість, Ra	Точність, IT	Допуск, мкм	Припуск, t, мм	Міжопераційний розмір з допусками, мм
1	2	3	4	5	6	7
7 Ø 190Н7	Заготовка	-	14	1150	-	Ø197,2±0,9
	Розточування чорнове	12,5	13	720	1,375	Ø189,2275 ^{+0,72}
	Розточування напівчистове	6,3	12	460	0,7345	Ø189,702 ^{+0,460}
	Розточування чистове	3,2	9	115	0,632	Ø189,989 ^{+0,115}
	Тонке розточування	1,6	7	46	0,08	Ø190 ^{+0,046}
1,2,3 93	Заготовка	-	14	870	-	-
	Фрезерування чорнове	12,5	13	540	88	88 ^{+0,540}
	Фрезерування напівчистове	6,3	12	350	1,5*2	91 ^{+0,350}
	Фрезерування чистове	3,2	9	87	1*2	93
9, 10 Ø250, 200	Заготовка	-	14	900	-	207,4 ^{+0,4 -0,5}
	Фрезерування чорнове	12,5	12	460	1,4*2	204,6 ^{+0,460}
	Фрезерування напівчистове	6,3	11	290	1,3*2	202 ^{+0,290}
	Фрезерування чистове	3,2	10	185	1*2	200
8 57,19	Заготовка	-	-	-	-	-
	Довбати паз	3,2	8	39	19	19 ^{+0,039}
5, 6 М8 – 7Н	Свердли	12,5	14	740	6	Ø6 ^{+0,740}
	Нарізати різьбу М8	3,2	-	-	1	М8
4 М20– 7Н	Свердли	12,5	14	520	18	Ø18 ^{+0,520}
	Нарізати різьбу М20	3,2	-	-	1	М20

В таблиці 1.13 приведена послідовність обробки деталі, представлені ескізи операцій

					КНУ.КБР.131.26.4-05.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

Таблиця 1.13 – Ескізи операцій обробки деталі

№ операції, верстат	Назва операції, верстат, зміст переходів технологічної операції	Ескіз операції
1	2	3
005	Термообробка	-
010	Токарно-карусельна чорнова 1512 Установ А 1 Встановити, закріпити, зняти; 2 Фрезерувати торець у розмір 1; 3 Розточувати поверхню 2 на глибину 3; Установ Б 1 Переустановити деталь; 2 Фрезерувати торець у розмір 4; 3 Розточувати поверхню 5 на глибину 4.	
	Токарно-карусельна чистова 1512 Установ А 1 Встановити, закріпити, зняти; 2 Фрезерувати торець у розмір 1; 3 Розточувати поверхню 2 на глибину 3; Установ Б 1 Переустановити деталь; 2 Фрезерувати торець у розмір 4; 3 Розточувати поверхню 5 на глибину 6	

Змі	Арку	№	Підпис	Дат
-----	------	---	--------	-----

КНУ.КБР.131.26.4-05.01.ТПВ

Арку

Продовження таблиці 1.13

№ операції, верстат	Назва операції, верстат, зміст переходів технологічної операції	Ескіз операції
015	Довбальна ГД500 1 Встановити, закріпити, зняти; 2 Довбати два шпоночні пази згідно розмірів 1,2,3	
015	Багатоцільова 2204ВМФ4 1 Встановити, закріпити, зняти; 2 Центрувати 3 отвори 1 згідно ескіз на глибину 59мм 3 Свердлити 3 отвори 2 Ø6мм на глибину 3; 4 Нарізати різьбу М20 в 3 отворах на глибину 4; 5 Свердлити 2 отвори 5 Ø6мм на глибину 6; 6 Нарізати різьбу М8 в 2 отворах на глибину 7; 7 Центрувати 2 отвори 8 згідно ескіз на глибину 18мм 3 Свердлити 2 отвори 9 Ø6мм на глибину 10; 4 Нарізати різьбу М8 в 2 отворах на глибину 11	

Змі	Арку	№	Підпис	Дат
-----	------	---	--------	-----

КНУ.КБР.131.26.4-05.01.ТПВ

Арку

1.15 Розрахунок і вибір режимів різання, нормування технологічних операцій

1.15.1 Розрахунок і вибір режимів різання

Для розрахунку режимів різання та нормування технологічних операцій візьмемо операцію 010 карусельну чорнову, що проводиться на токарно-карусельному верстаті 1512. Ескіз операції зображений на рисунку 1.14

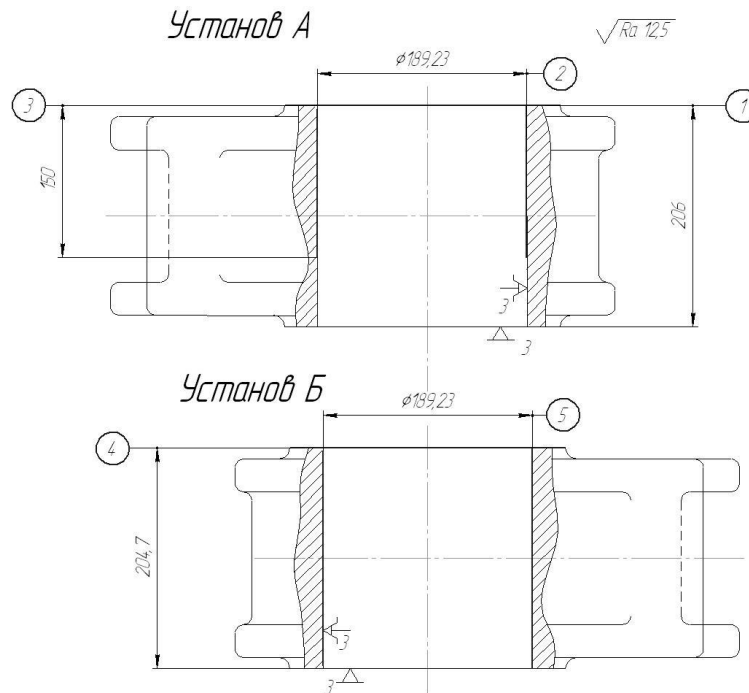


Рисунок 1.13 – Ескіз операції

Вихідні дані: матеріал—50Л ДСТУ 8781:2018, НВ 240, точність обробки IT14, Ra12,5,

Режими різання:

Припуск на обробку поверхонь:

перехід 1 – 1,4мм, перехід 2 – 1,3мм, перехід 3 – 0,9мм, перехід 4 – 1,4мм, перехід 5 – 0,7мм, перехід 6 – 0,6мм, перехід 7 – 0,08мм.

Обираємо подачу в залежності від глибини зрізаного шару, діаметру обробки поверхні:

$S_1=0,18\text{мм/об}$, $S_2=0,18\text{мм/об}$, $S_3=0,5\text{мм/об}$, $S_4=1,3\text{мм/об}$, $S_5=1\text{мм/об}$, $S_6=0,8\text{мм/об}$, $S_7=0,06\text{мм/об}$.

Швидкість різання при фрезеруванні визначається за формулою 1.8.

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v, \quad (1.8)$$

					КНУ.КБР.131.26.4-05.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

де C_V – коефіцієнт, x, y, m – показники степеню, T – стійкість інструменту, t – глибина різання, S – подача, $K_V = K_{MV} \cdot K_{PV} \cdot K_{IV}$ – коефіцієнт, що враховує вплив різних факторів ($K_V = 0,8$)

Швидкість різання при розточуванні визначається за формулою 1.9.

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V \quad (1.9)$$

де C_V – коефіцієнт, x, y, m – показники степеню, T – стійкість інструменту, t – глибина різання, S – подача, $K_V = K_{MV} \cdot K_{PV} \cdot K_{IV}$ – коефіцієнт, що враховує вплив різних факторів ($K_V = 0,8$)

Випишуємо табличні значення та розраховуємо швидкість різання:

При чорновому фрезеруванні:

$$V_1 = \frac{332 \cdot 400^{0,2}}{30^{0,2} \cdot 1,4^{0,1} \cdot 0,18^{0,4} \cdot 250^{0,2} \cdot 36^0} \cdot 0,8 = 287,68 \text{ м/хв.},$$

При напівчистовому фрезеруванні:

$$V_2 = \frac{332 \cdot 400^{0,2}}{30^{0,2} \cdot 1,3^{0,1} \cdot 0,18^{0,4} \cdot 250^{0,2} \cdot 36^0} \cdot 0,8 = 275,23 \text{ м/хв.},$$

При чистовому фрезеруванні:

$$V_3 = \frac{332 \cdot 400^{0,2}}{30^{0,2} \cdot 0,9^{0,1} \cdot 0,5^{0,4} \cdot 250^{0,2} \cdot 36^0} \cdot 0,8 = 196,49 \text{ м/хв.},$$

При чорновому розточуванні:

$$V_4 = \frac{340}{60^{0,2} \cdot 1,4^{0,15} \cdot 1,3^{0,45}} \cdot 0,8 = 101,12 \text{ м/хв.},$$

При напівчистовому розточуванні:

$$V_5 = \frac{340}{60^{0,15} \cdot 0,7^{0,15} \cdot 1^{0,2}} \cdot 0,8 = 127,47 \text{ м/хв.},$$

При чистовому розточуванні:

$$V_6 = \frac{340}{60^{0,2} \cdot 0,6^{0,15} \cdot 0,1^{0,45}} \cdot 0,8 = 357,89 \text{ м/хв.},$$

При тонкому розточуванні:

$$V_7 = \frac{340}{60^{0,2} \cdot 0,08^{0,15} \cdot 0,06^{0,45}} \cdot 0,8 = 300 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо кількість обертів шпинделя за формулою 1.10 та коректуємо в залежності від паспортних даних верстата.

$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot d}, \quad (1.10)$$

При чорновому фрезеруванні:

$$n_1 = \frac{287,68 \cdot 1000}{3,14 \cdot 400} = 229,05 \text{ об/хв.}, \text{ приймаємо } n_1 = 200 \text{ об/хв.},$$

При напівчистовому фрезеруванні:

$$n_2 = \frac{275,23 \cdot 1000}{3,14 \cdot 400} = 219,13 \text{ об/хв.}, \text{ приймаємо } n_2 = 200 \text{ об/хв.},$$

					КНУ.КБР.131.26.4-05.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

При чистовому фрезеруванні:

$$n_3 = \frac{196,49 \cdot 1000}{3,14 \cdot 400} = 156,44 \text{ об/хв.}, \text{ приймаємо } n_3 = 150 \text{ об/хв.},$$

При чорновому розточуванні:

$$n_4 = \frac{101,12 \cdot 1000}{3,14 \cdot 188} = 171,3 \text{ об/хв.}, \text{ приймаємо } n_4 = 200 \text{ об/хв.},$$

При напівчистовому розточуванні:

$$n_5 = \frac{127,47 \cdot 1000}{3,14 \cdot 188} = 215,94 \text{ об/хв.}, \text{ приймаємо } n_5 = 200 \text{ об/хв.},$$

При чистовому розточуванні:

$$n_6 = \frac{357,89 \cdot 1000}{3,14 \cdot 189} = 603,06 \text{ об/хв.}, \text{ приймаємо } n_6 = 630 \text{ об/хв.},$$

При тонкому розточуванні:

$$n_7 = \frac{300 \cdot 1000}{3,14 \cdot 190} = 502,85 \text{ об/хв.}, \text{ приймаємо } n_7 = 630 \text{ об/хв.},$$

Коректуємо значення швидкості різання і отримуємо: $V_1 = 251,33 \text{ м/хв.}$,
 $V_2 = 251,33 \text{ м/хв.}$, $V_3 = 188,5 \text{ м/хв.}$, $V_4 = 118,12 \text{ м/хв.}$, $V_5 = 118,12 \text{ м/хв.}$, $V_6 = 374,07 \text{ м/хв.}$,
 $V_6 = 376,05 \text{ м/хв.}$

1.17.2 Нормування технологічного процесу

l —довжина робочого ходу, S – подача, n – частота обертання шпинделя, i – кількість проходів.

Розраховуємо основний машинний час обробки:

При чорновому фрезеруванні:

$$T_{o1} = 6l = 6 \cdot 250 = 1500 \cdot 10^{-3} = 1,5 \text{ хв.},$$

При напівчистовому фрезеруванні:

$$T_{o2} = 5l = 5 \cdot 250 \cdot 10^{-3} = 1,25 \text{ хв.},$$

При чистовому фрезеруванні:

$$T_{o3} = 4l = 4 \cdot 250 \cdot 10^{-3} = 1 \text{ хв.},$$

При чорновому розточуванні:

$$T_{o4} = 0,43dl = 0,43 \cdot 197,2 \cdot 207,4 \cdot 10^{-3} = 17,58 \text{ хв.},$$

При напівчистовому розточуванні:

$$T_{o5} = 0,35dl = 0,35 \cdot 189,242 \cdot 206 \cdot 10^{-3} = 13,6 \text{ хв.},$$

При чистовому розточуванні:

$$T_{o6} = 0,27dl = 0,27 \cdot 189,874 \cdot 203,6 \cdot 10^{-3} = 10,44 \text{ хв.}$$

При тонкому розточуванні:

$$T_{o7} = 0,52dl = 0,52 \cdot 189,954 \cdot 202,2 \cdot 10^{-3} = 19,97 \text{ хв.}$$

Сумарний основний машинний час:

$$T_o = 2(1,5 + 1,25 + 1) + 2(17,58 + 13,6 + 10,44 + 19,97) = 138,64 \text{ хв.}$$

Машино-допоміжний час знаходимо з формули:

$$T_d = 13,7 \text{ хв}$$

					КНУ.КБР.131.26.4-05.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

Таким чином, оперативний час:

$$T_{\text{оп}} = T_{\text{о}} + T_{\text{д}} = 138,64 + 13,7 = 152,34 \text{ хв}$$

Час на відпочинок та обслуговування визначається у відсотках від оперативного часу. Для токарної операції він становить 7%

$$T_{\text{відп}} + T_{\text{обсл}} = 0,07 \cdot 152,34 = 10,66 \text{ хв}, \quad (1.11)$$

Норму штучного часу:

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{о}} + T_{\text{д}} + T_{\text{відп}} + T_{\text{обсл}}, \quad (1.12)$$

$$T_{\text{шт}} = 138,64 + 13,7 + 10,66 = 163 \text{ хв}$$

Норму штучно-калькуляційного часу визначаємо за формулою:

$$T_{\text{шк}} = T_{\text{шт}} + T_{\text{п-з}}/n, \quad (1.13)$$

де $T_{\text{п-з}}$ – підготовчо-заключний час, що визначається на всю партію, n – розмір партії.

$$T_{\text{шк}} = T_{\text{шт}} + T_{\text{п-з}}/n = 163 + 300/2500 = 163,12 \text{ хв} \quad (1.14)$$

Для всіх інших операцій режими різання та норми часу зводимо в таблицю 1.14

Отже, загальна тривалість обробки деталі складається з тривалості кожної операції:

$$T = T_1 + T_2 + T_3 = 163,12 + 11,583 + 26,34 = 201,04 \text{ хв} \quad (1.15)$$

					КНУ.КБР.131.26.4-05.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

Таблиця 1.14 – Режими різання та норми часу обробки деталі

№ операції	Назва операції, зміст переходів	Режими різання							Норми часу									
		D	l	t	S	V	n	i	T _О	T _Д	T _{ОП}	T _{ВІДП} , T _{ОБСЛ}	T _{ШТ}	T _{ШК}				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15				
005	Термообробка																	
010 1512	Токарно-карусельна чорнова: <u>Установ А</u>																12	
	1 Встановити, закріпити, зняти	-	-	-	-	-	-	-	3									
	2 Фрезерувати торець у розмір 1	400	-	1,4	0,18	287,68	200	2	2,75									0,17
	3 Розточити внутрішню циліндричну поверхню 2 на глибину 3	188	150	1,4	1,3	101,12	200	2	35,16									0,17
	<u>Установ Б</u>																	
	1 Переустановити	-	-	-	-	-	-	-	3									
	2 Фрезерувати торець у розмір 4	400	-	1,4	0,18	287,68	200	2	2,75									0,17
	3 Розточити внутрішню циліндричну поверхню 5 на глибину 4	188	200	1,4	1,3	101,12	200	2	35,16	0,17								
	Токарно-карусельна чистова: <u>Установ А</u>																	
	1 Встановити, закріпити, зняти	-	-	-	-	-	-	-	3									
	2 Фрезерувати торець у розмір 1	400	-	0,9	0,5	196,49	150	1	1								0,17	
	3 Розточити внутрішню циліндричну поверхню 2 на глибину 3	189	150	0,6	0,1	357,89	630	1	10,44								0,17	
	4 Тонке розточування внутрішню циліндричну поверхню 2 на глибину 3	190	200	0,08	0,06	300	630	1	19,97								0,17	

					КНУ.КБР.131.26.4-05.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

Продовження таблиці 1.15

№ операції	Назва операції, зміст переходів	Режими різання							Норми часу					
		D	l	t	S	V	n	i	T _о	T _д	T _{оп}	T _{відп} , T _{обсл}	T _{шт}	T _{шк}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
010 1512	Установ Б													
	1 Переустановити	-	-	-	-	-	-	-	-	3				
	2 Фрезерувати торець у розмір 4	400	-	0,9	0,5	196,49	150	1	1	0,17				
	3 Розточити внутрішню циліндричну поверхню 5 на глибину 4	189	200	0,6	0,1	357,89	630	1	10,44	0,17				
	4 Тонке розточування внутрішню циліндричну поверхню 2 на глибину 3	190	200	0,08	0,06	300	630	1	19,97	0,17				
								Σ	138,64	13,7	152,34	10,66	163	163,12
015 ГД500	Довбальна:													
	1 Встановити, закріпити, зняти	-	-	-	-	-	-	-	-	1,1				
	2 Довбати два шпоночні пази згідно розмірів 1,2,3	-	200	19	0,5	92	-	2	0,28	0,1				10
								Σ	0,28	1,2	1,48	0,103	1,583	11,583

Продовження таблиці 1.15

№ операції	Назва операції, зміст переходів	Режими різання							Норми часу						
		D	l	t	S	V	n	i	T _О	T _д	T _{оп}	T _{відп, Тобсл}	T _{шт}	T _{шк}	
020 2204ВМФ4	Багатоцільова з ЧПК Установ А														15
	1 Встановити, закріпити, зняти	.	.	.	.	.	.	.	.	2,9					
	2 Центрувати отвори 1 на глибину 10мм	20	.	.	0,38	25,133	400	5	0,46	0,17					
	3 Свердлити 3 отвори 2 під різьбу на глибину 3	18	59	9	0,4	22,117	400	3	1,656	0,17					
	4 Нарізати різьбу М20 в 3 отворах на глибину 4	20	50	1	1	19,78	315	3	2,4	0,17					
	5 Свердлити 2 отвори 5 Ø6мм на глибину 6	6	18	3	0,3	21,68	630	2	0,112	0,17					
	6 Нарізати різьбу М8 в 2 отворах на глибину 7	8	12	1	1	18,23	315	2	0,1536	0,17					
	Установ Б														
	7 Переустановити	.	.	.	.	.	.	.	.	2,9					
	8 Центрувати 2 отвори 1 на глибину 10мм	20	.	.	0,38	25,133	400	5	0,46	0,17					
	9 Свердлити 2 отвори 2 Ø6мм під різьбу на глибину 3	6	18	3	0,3	21,68	630	2	0,112	0,17					
	10 Нарізати різьбу М8 в 2 отворах на глибину 4	8	12	1	1	18,23	315	2	0,1536	0,17					
								М	5,5072	7,16	12,6672	0,8867	26,22	26,34	

2 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ В САМ-СИСТЕМІ FEATURECAM

2.1 Робота з проміжними файлами, вибір системи ЧПК, постпроцесора

Розробимо керуючу програму на обробку різьбових отворів ножового супорта. З огляду на велику масу деталі (210 кг), неправильну форму, яка призведе до складнощів при встановленні та закріпленні деталі на вертикально-фрезерному або свердлильному верстаті, та тип виробництва, для обробки обираємо Багатоцільовий верстат з ЧПК 2204ВМФ4 на базі системи керування Fanuc. Дана система є однією з найпоширеніших у сфері ЧПК. Її мова програмування базується на стандарті ISO із застосуванням G-кодів. Завдяки високій надійності та стабільності ця система забезпечує ефективне створення й відпрацювання керуючих програм (КП), що позитивно впливає на загальну продуктивність.

Опції постпроцесора наведені на рисунку 2.1. Положення зміни інструмента задаємо виходячи з габаритів заготовки та робочого простору верстата з забезпеченням безпечності виходу інструменту в референтну позицію.

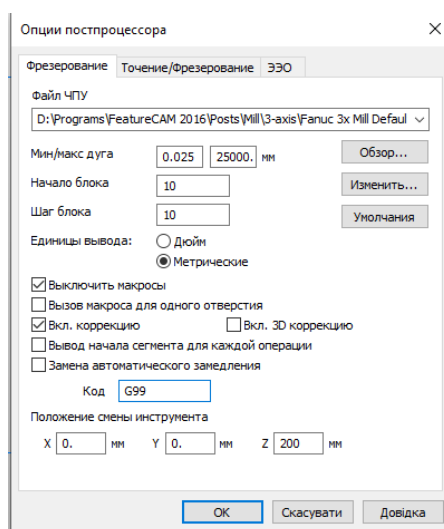


Рисунок 2.1 – Опції постпроцесора

Обробка отворів виконується після токарно-карусельної та довбальної. Установчою площиною деталі є правий торець, який є доволі розвиненою площиною, що забезпечує стабільну і надійну установку на столі верстата. Правильна осьова орієнтація досягається при виставленні деталі по пазу індикаторним пристроєм.

2.2 Моделювання обробки та перевірка керуючих програм

					КНУ.КБР.131.26.4-05.02.МПО		
Змін	Аркв	№	Підпис	Дат	МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ		
Розроб.	Чехов						
Перевір.	Цивінда						
Н. контр.	Нечаєв						
Затверд.	Рязанцев						
					Лім.	Арк.	Аркшів
					Кафедра ТМ зв ЗПМ-23сх		

Імпортуємо заготовку в проєкт та встановлюємо нуль деталі по X, Y — по центру паза, по Z — по дну паза (184 мм від центру основного отвору). Зміщення вісі Z на 99 мм від верхньої частини деталі враховуємо при призначенні безпечної точки зміни інструменту у налаштуваннях постпроцесору. Призначаємо матеріал – сталь 50Л ДСТУ 8781:2018. Результат імпорту наведено на рисунку 2.2.

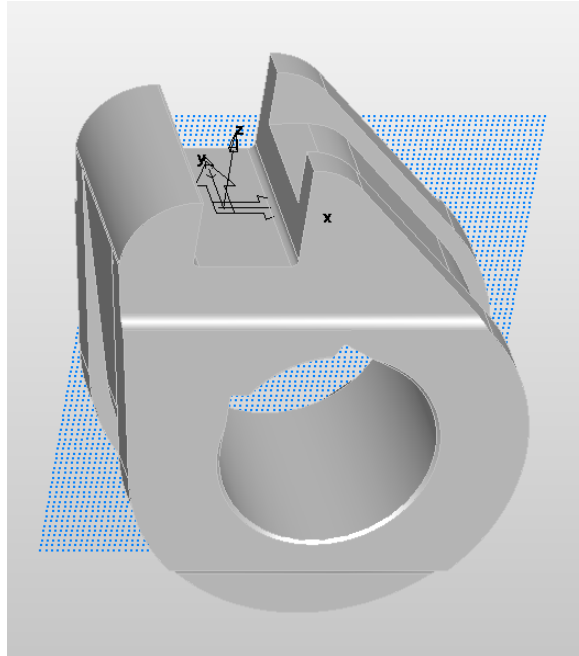


Рисунок 2.2 – Імпорт заготовки

Імпортуємо в проєкт модель деталі після виконання отворів для пришвидшення розробки керуючої програми за рахунок автоматизації створення елементів. Результат наведено на рисунку 2.3.

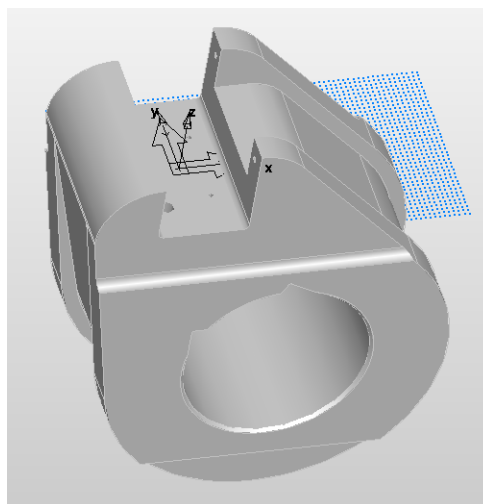


Рисунок 2.3 – Імпорт деталі

Розробка операцій відбувається у наступній послідовності:

- 1) центрування 3 отворів під різьбу M20 на глибину 3 мм;
- 2) свердлення 3 отворів свердлом діаметром 15 мм на глибину 59 мм;

					КНУ.КБР.131.26.4-05.02.МПО	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

- 3) свердлення 2 отворів під різьблення свердлом діаметром 6 мм на глибину 18 мм;
- 4) нарізання різьблення 3 отв. М20-7Н на глибину 50 мм;
- 5) нарізання різьблення 2 отв. М8-7Н на глибину 12 мм;
- Координати оброблюваних отворів наведені на рисунку 2.4, 2.5.

☐ Локал. смещ.
Список точек:

-26.500	50.000	-0.000	0.000
-26.500	0.000	-0.000	0.000
-26.500	-50.000	-0.000	0.000

☒ Относительное положение

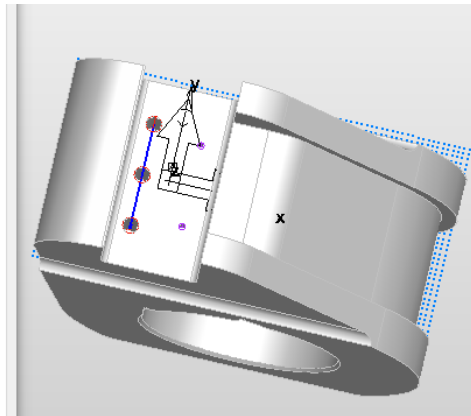


Рисунок 2.4 – Координати оброблюваних отворів М20-7Н мм

Объект: отверстие2

☐ Локал. смещ.
Список точек:

21.500	40.000	-0.000	0.000
21.500	-40.000	-0.000	0.000

☒ Относительное положение

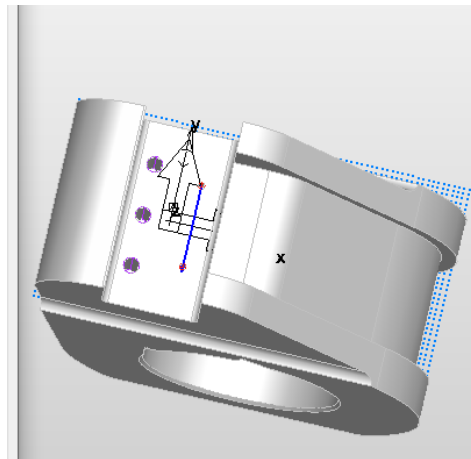


Рисунок 2.5 – Координати оброблюваних отворів М20-7Н

Активуємо опцію об'єднання однакових отворів в цикл. При обробці використовуються наступні цикли: цикл свердлення G81 (глибина свердлення 12 мм), глибоке свердлення з виводом свердла G83 (глибина свердлення 59 мм), нарізання різьблення G84. Безпечну висоту пришвиджених переміщень вказуємо 10 мм, висоту врізання — 3 мм над площиною отворів.

Центрування виконуємо свердлом діаметром 8 мм на довжину 3 мм. У циклі глибокого свердлення відносну глибину кожного проходу задаємо 5 мм.

Через невелику твердість матеріалу задаємо швидкість різання з діапазону 20...25 м/хв, подачу — 0,2...0,25 мм/об. Обов'язково вмикаємо подачу МОР для забезпечення охолодження інструменту і, відповідно, збільшення його стійкості.

Трасекторії переміщень інструментів наведено на рисунку 2.6. Перелік створених операції – рис. 2.7.

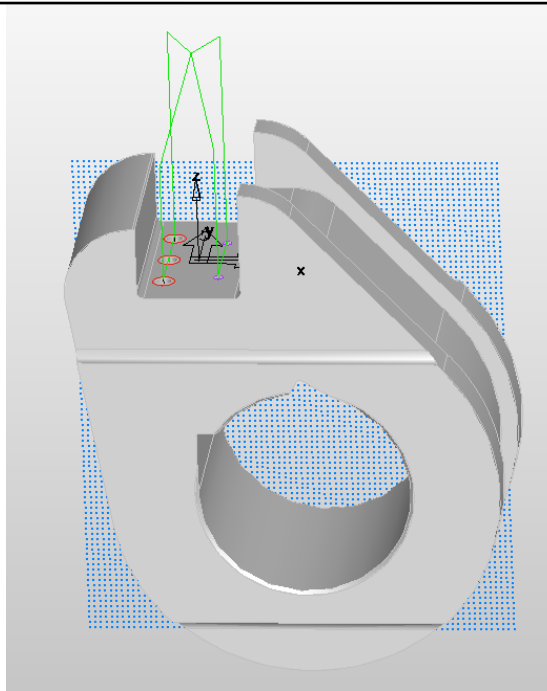


Рисунок 2.6 – Траєкторії переміщень інструментів

С	Операція	Елемент	Інструмент	Подача	Скорість	Глибина
→	центровка	массив1.отвер...	* SD_90_M0800	138.4 мм/мин	1191 об/мин	3.000 мм
→	центровка	массив1.отвер...	* SD_90_M0800	138.4 мм/мин	1191 об/мин	3.000 мм
↑	центровка	массив1.отвер...	* SD_90_M0800	138.4 мм/мин	1191 об/мин	3.000 мм
→	сверло	массив1.отвер...	* TD_M1500:J	138.4 мм/мин	476 об/мин	63.506 мм
→	сверло	массив1.отвер...	* TD_M1500:J	138.4 мм/мин	476 об/мин	63.506 мм
↑	сверло	массив1.отвер...	* TD_M1500:J	138.4 мм/мин	476 об/мин	63.506 мм
→	сверло	массив2.отвер...	* TD_M0600:J	138.4 мм/мин	1191 об/мин	19.803 мм
↑	сверло	массив2.отвер...	* TD_M0600:J	138.4 мм/мин	1191 об/мин	19.803 мм
→	метчик	массив1.отвер...	* метчикM2000...	250.0 мм/мин	100 об/мин	58.375 мм
→	метчик	массив1.отвер...	* метчикM2000...	250.0 мм/мин	100 об/мин	58.375 мм
↑	метчик	массив1.отвер...	* метчикM2000...	250.0 мм/мин	100 об/мин	58.375 мм
→	метчик	массив2.отвер...	метчикM0800...	325.0 мм/мин	260 об/мин	14.188 мм
↑	метчик	массив2.отвер...	метчикM0800...	325.0 мм/мин	260 об/мин	14.188 мм
Результаты						

Рисунок 2.7 – Створені операції механічної обробки

Для симуляції обробки на верстаті перевіряємо довжини вильотів інструментів з врахуванням конфігурації деталі. Результат моделювання обробки представлено на рисунку 2.8, симуляція обробки на верстаті — на рис. 2.9, карта наладки інструмента — рис. 2.10.



Рисунок 2.8 – Результат обробки

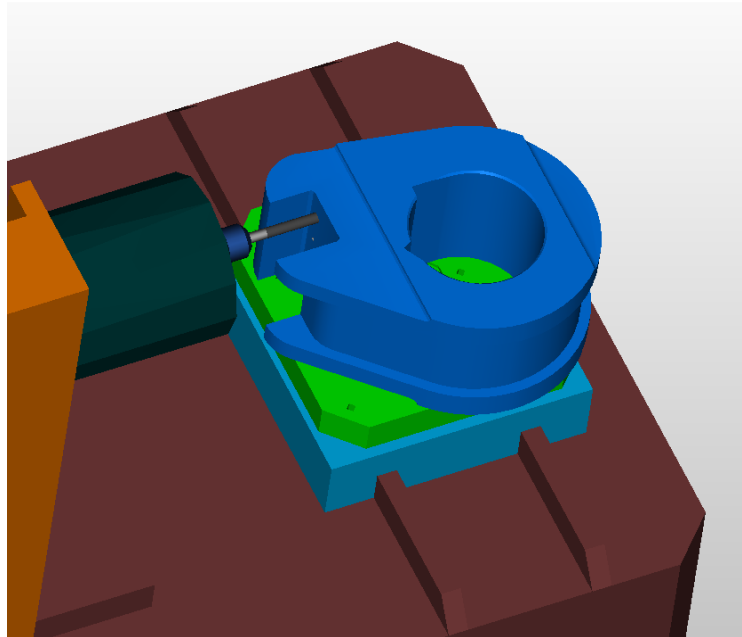


Рисунок 2.9 – Симуляція обробки на верстаті

+	Имя	Диам...	Длина	ID	Паз	Набор	Время	Расст.	Отве...
1	SD_90_M0800	1	1	1					3
2	TD_M1500:J	2	2	2					3
3	TD_M0600:J	3	3	3					2
4	Мітчик M2000-250:D7:GB	4	4	4					3
5	Мітчик M0800-125:D5:SB	5	5	5					2

Рисунок 2.10 – Карта наладки інструмента

Після моделювання обробки генеруємо керуючу програму, фрагмент якої наведено на рис. 2.11. Загальна кількість кадрів – 67. Машинний час обробки — 5 хв 52 с.

```

%
O0001(NOZHOVYJ SUPPORT)
N40 G00 G21 G17 G40 G49 G80 G95
N50 G91 G28 Z0

N60 ( SPOTDRILL )
N70 T1 M6
N80 G00 G54 G90 X-26.5 Y50.0 S1190 M03
N90 G43 H1 Z109.0 M08
N100 G81 G99 Z-3.0 R3.0 F0.116
N110 Y0.
N120 G98 Y-50.0
N130 G80
N140 M5
N150 G91 G28 Z0 M09
N160 G49 G90 X0. Y0.
N170 M01

```

Рисунок 2.11 – Фрагмент згенерованої керуючої програми

Додатково перевіримо створену керуючу програму у програмному забезпеченні CIMCO Edit. Траєкторії переміщень інструментів наведено на рис. 2.12.

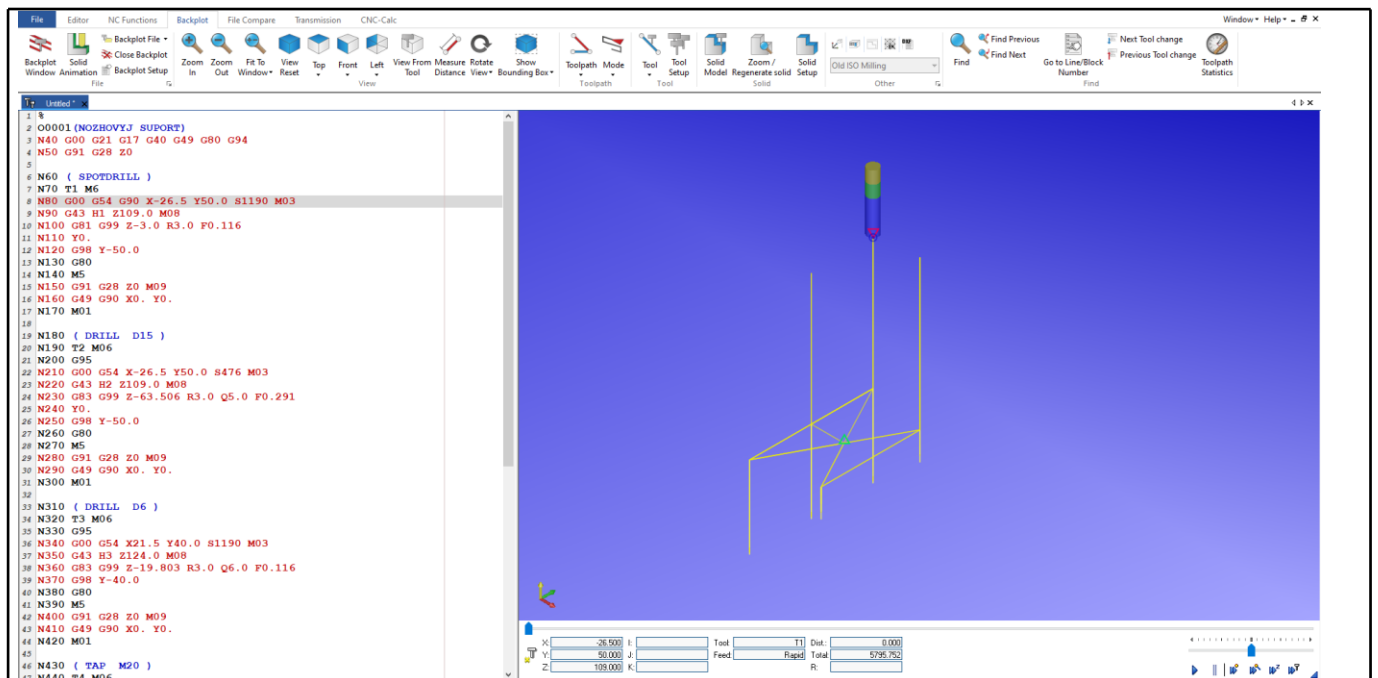


Рисунок 2.12 – Траєкторії переміщень інструментів у CIMCO Edit

ПОВНИЙ ТЕКСТ КП

% O0001(NOZHOVYJ SUPORT) N40 G00 G21 G17 G40 G49 G80 G94 N50 G91 G28 Z0 N60 (SPOTDRILL) N70 T1 M6 N80 G00 G54 G90 X-26.5 Y50.0 S1190 M03 N90 G43 H1 Z109.0 M08 N100 G81 G99 Z-3.0 R3.0 F0.116 N110 Y0. N120 G98 Y-50.0 N130 G80 N140 M5 N150 G91 G28 Z0 M09 N160 G49 G90 X0. Y0. N170 M01	N430 (TAP M20) N440 T4 M06 N450 G95 N460 G00 G54 X-26.5 Y0. S100 M03 N470 G43 H4 Z109.0 M08 N480 G84 G99 Z-58.375 R3.0 F2.5 N490 Y50.0 N500 G98 Y-50.0 N510 G80 N520 M5 N530 G91 G28 Z0 M09 N540 G49 G90 X0. Y0. N550 M01
---	--

							Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат	КНУ.КБР.131.26.4-05.02.МПО		

N180 (DRILL D15)
 N190 T2 M06
 N200 G95
 N210 G00 G54 X-26.5 Y50.0 S476 M03
 N220 G43 H2 Z109.0 M08
 N230 G83 G99 Z-63.506 R3.0 Q5.0 F0.291
 N240 Y0.
 N250 G98 Y-50.0
 N260 G80
 N270 M5
 N280 G91 G28 Z0 M09
 N290 G49 G90 X0. Y0.
 N300 M01

N560 (TAP M8)
 N570 T5 M06
 N580 G95
 N590 G00 G54 X21.5 Y40.0 S260 M03
 N600 G43 H5 Z124.0 M08
 N610 G84 G99 Z-14.188 R3.0 F1.25
 N620 G98 Y-40.0
 N630 G80
 N640 M5
 N650 G0 G91 G28 Z0 M09
 N660 G49 G90 X0. Y0.
 N670 M30
 %

N310 (DRILL D6)
 N320 T3 M06
 N330 G95
 N340 G00 G54 X21.5 Y40.0 S1190 M03
 N350 G43 H3 Z124.0 M08
 N360 G83 G99 Z-19.803 R3.0 Q6.0 F0.116
 N370 G98 Y-40.0
 N380 G80
 N390 M5
 N400 G91 G28 Z0 M09
 N410 G49 G90 X0. Y0.
 N420 M01

					КНУ.КБР.131.26.4-05.02.МПО	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

3.1 Проектування верстатного пристосування

Проектування верстатного оснащення проводимо на багатоцільову операцію, що виконується на верстаті 2204ВМФ4.

3.1.1 Розробка схем базування заготовки

На рисунку 3.1 зображена схема базування деталі на столі верстату.

Деталь розжимається трикулачковим патроном, що закріплений на плиті за допомогою болтів. Плита кріпиться на стіл верстату чотирма пазовими болтами. Орієнтація патрону забезпечується двома шпонками.

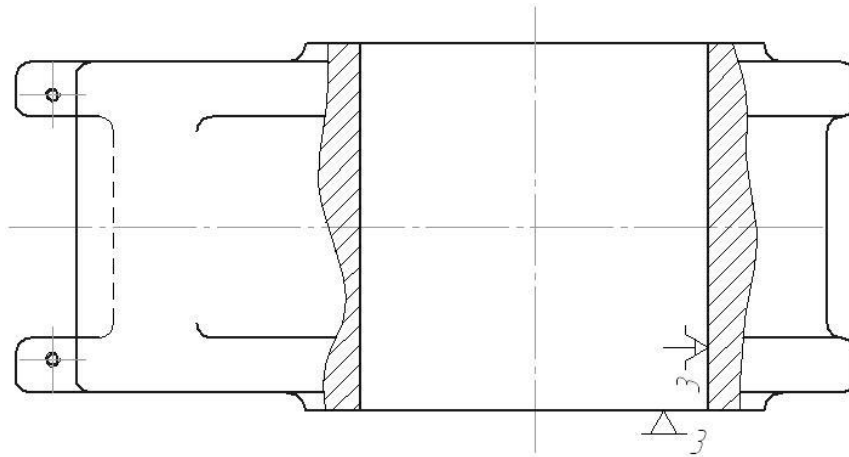


Рисунок 3.1 – Схема базування деталі на столі верстату

3.1.2 Режимів різання

Режими різання були розраховані у попередньому розділі. Для розрахунку використаємо перехід з найбільшими силовими характеристиками, тобто розточування до $\varnothing 250\text{мм}$, $H=200\text{мм}$.

Були визначені режими різання: $V=196,49\text{м/хв.}$, $S=0,42\text{мм/об}$, $n=150\text{об/хв.}$

Сили різання визначаємо за формулами:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot B^n \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP}, \quad (3.1)$$

де C_p - постійна, x, y, z – показники степенів, K_p - поправочний коефіцієнт.

Випишуємо табличні значення та підставляємо у формулу.

$$P_z = \frac{10 \cdot 200 \cdot 825 \cdot 1,4^1 \cdot 0,18^{0,75} \cdot 250^{1,1} \cdot 36}{400^{1,3} \cdot 150^{0,2}} \cdot 0,8 = 1241,1\text{Н},$$

					КНУ.КБР.131.26.4-05.03.КПВ		
Змін	Аркв	№	Підпис	Дат	КОНСТРУКТОРСЬКА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА		
Розроб.	Чехов						
Перевір.	Цивінда				Лім.		
					Арк.		
Н. контр.	Нечаєв				Арквшів		
Затверд.	Рязанцев				Кафедра ТМ		
					зп ЗПМ-ЗЗск		

$$P_Y = 496,44 \text{ Н}, P_X = 620,55 \text{ Н}$$

Крутний момент становить:

$$M_{KP} = \frac{P_Z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{1241,1 \cdot 400}{200} = 2482,2 \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad (3.2)$$

3.1.3 Розрахунок похибки базування

В даному випадку похибка базування визначається за формулою:

$$\delta_B = \delta_{II} + \delta_{III} \quad (3.3)$$

де δ_{II} - похибка від закріплення деталі у патроні, δ_{III} - похибка, що виникає через зазор у з'єднанні шпонка - шпоночний паз.

Похибка закріплення у патроні складає $\delta_{II} = 100 \text{ мкм}$.

Визначимо δ_{III} кількісно дорівнює величині зазору S_{MAX} у з'єднанні шпонка – шпоночний паз $18 \frac{H7}{h6}$ і становить 29 мкм .

Таким чином, похибка базування $\delta_B = 100 + 29 = 129 \text{ мкм}$.

3.1.4 Визначення сили закріплення

На рисунку 3.2 представлена схема дії сил різання та реактивних сил. Складаємо рівняння моментів відносно осі О:

$$k \cdot M_{KP} = 3 \cdot F_{TP} \cdot \frac{D_1}{2} + 3 \cdot F_{TPW} \cdot \frac{D}{2} \quad (3.4)$$

де k – коефіцієнт запасу, $k=2,5$, F_{TP} – сила тертя на торці деталі, F_{TPW} – сила тертя на поверхні кулачків від сили закріплення, D – діаметр отвору, $D=190 \text{ мм}$, D_1 – середній діаметр торцю, $D_1=220 \text{ мм}$.

$$k \cdot M_{KP} = (mg + P_X) \cdot f \cdot \frac{D_1}{2} + 3 \cdot W \cdot f \cdot \frac{D}{2}$$

Підставляємо складові величини і приводимо формулу у кінцевий вид:

$$W = \frac{2 \left(k \cdot M_{KP} - (mg + P_X) \cdot f \cdot \frac{D_1}{2} \right)}{3 \cdot f \cdot D} \quad (3.5)$$

Підставляємо у формулу величини та розраховуємо силу затиску:

					КНУ.КБР.131.26.4-05.02.КПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

$$W = \frac{2 \left(2,5 \cdot 2482,2 - (2058 + 620,55) \cdot 0,2 \cdot \frac{0,220}{2} \right)}{3 \cdot 0,2 \cdot 0,190} = 10783 H$$

Отже, необхідна сила затиску становить $W=10783H$.

Мінімальна сумарна сила затиску для обраного патрону 7100-0015 ДСТУГОСТ 3889-80 складає 65000Н. Отже, сила, що розвивається одним кулачком, становить 21667Н > 10783Н. Можна зробити висновок, що патрон для даної операції підходить.

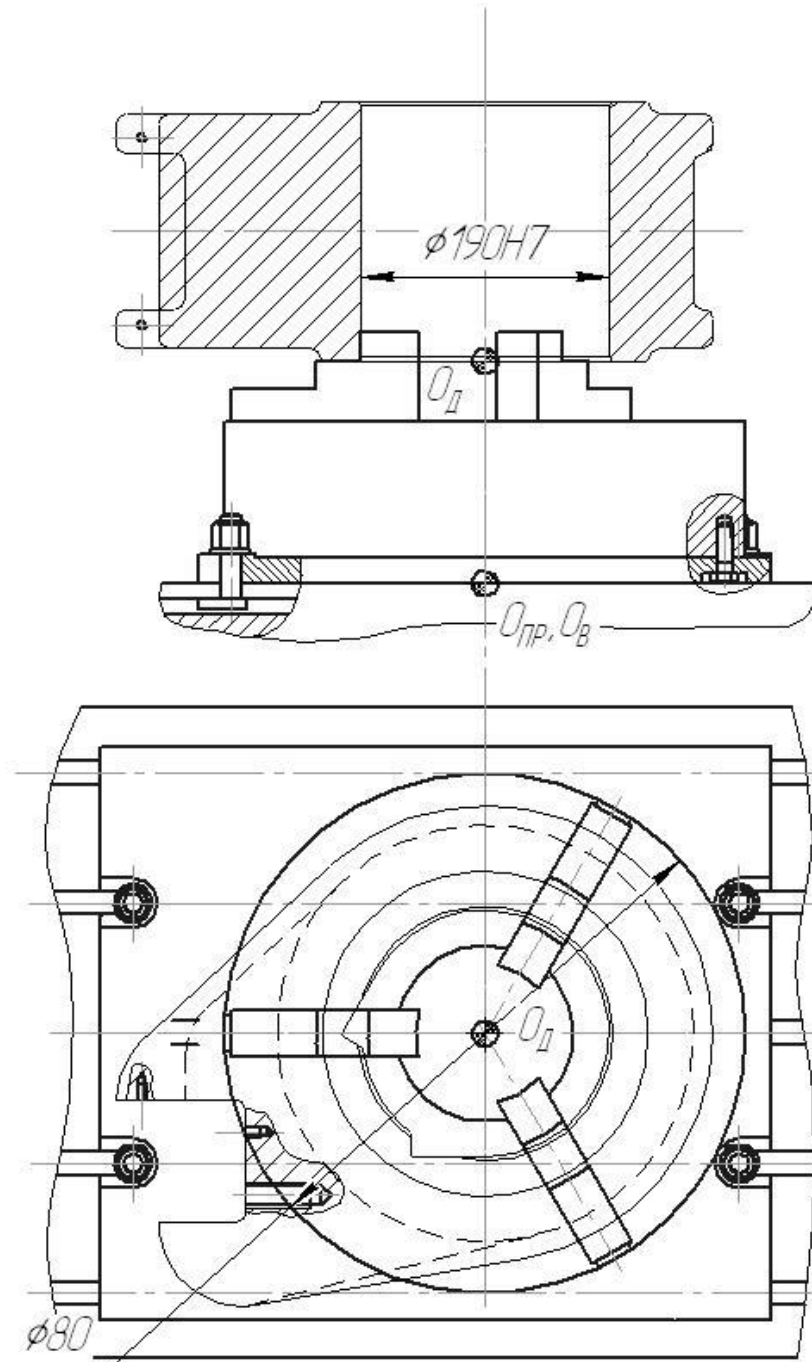


Рисунок 3.2 – Схема дії сил різання та реактивних сил

Змі	Арку	№	Підпис	Дат

КНУ.КБР.131.26.4-05.02.КПВ

Арку

3.2 Проектування контрольного пристосування

Проводимо проектування контрольного пристосування для контролю радіального биття поверхні циліндричного отвору $\varnothing 250H8$, його значення не повинно перебільшувати 0,02мм (рисунок 3.3). Базування деталі здійснюється за внутрішню циліндричну поверхню $\varnothing 190H7$. Так як останньою операцією обробки деталі є чистове розточування, то контрольну операцію проводимо на самому верстаті. Індикатор підводимо до контролюємої поверхні. Деталь, яка закріплена в шпинделі верстату, обертаємо. Таким чином, індикатор фіксує радіальне биття контролюємої поверхні.

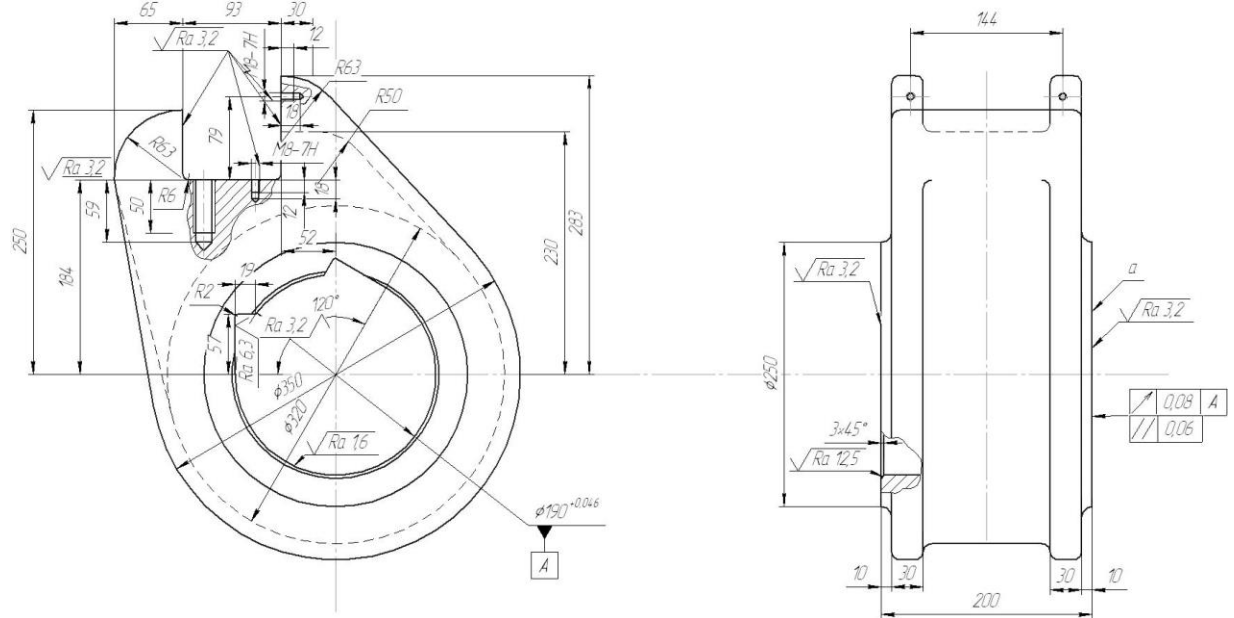


Рисунок 3.3 – Відхилення форми та розташування поверхні деталі
ножового супорта нижнього

Застосовуємо індикатор електронний, що зображений на рисунку 3.4.

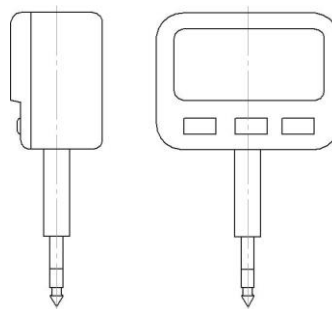


Рисунок 3.4 – Індикатор електронний

Точність контрольного пристрою становить $T=0,006\text{мм}=6\text{мкм}$

					КНУ.КБР.131.26.4-05.02.КПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування маршруту технологічного процесу

Розрахуємо технологічну собівартість за варіантом заготовки - однакові, верстати різні (два верстати 2А620 порівнюється з верстатом 2204ВМФ4)

Використаємо для розрахунку програму Economical Linksmoon (рисунки 4.1; 4.2; 4.3; 4.4).

З кадрів програми видно, що економічний ефект введення верстату з ЧПК складає 5863 гр. А термін окупності проекту складає 0,88 років. Отже введення верстату 2204ВМФ4 є доцільним та аргументованим.

Входные данные

Перед началом ввода убедитесь, что включена АНГЛИЙСКАЯ РАСКЛАДКА КЛАВИАТУРЫ и включен NUM LOCK. Затем с помощью правой цифровой панели клавиатуры введите требуемые данные. Для перехода в следующее поле используйте клавишу TAB...

Трудоемкость	Базовый вариант	Станок с ЧПУ
Годовой объем выпуска деталей, шт	1000	2500
Штучное время обработки детали, мин	48	7.977

Далее

Назад

Выход

Время настройки станка в течение года

Количество запусков, шт	24	24
Время наладки станка, мин	125	27

Время настройки инструмента вне станка на протяжении года

Среднее время настройки по прибору одного инструмента вне станка, мин	14	8
Среднее количество граней пластинки, шт	1	2
Средний период стойкости инструмента, мин	45	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	3955
Коэффициент загрузки станка	0.85	0.85

Балансовая стоимость станка

Оптовая цена станка	4050	26800
---------------------	------	-------

Масса станка, т

	17.500	14.800
--	--------	--------

Рисунок 4.1 –Перший кадр програми Economical Linksmoon

					КНУ.КБР.131.26.4-05.04.ОЕП		
Змін	Аркв	№	Підпис	Дат	ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА		
Розроб.	Чехов						
Перевір.	Цивінда						
Н. контр.	Нечаєв						
Затверд.	Рязанцев						
					Літ.	Арк.	Архівів
					Кафедра ТМ зп ЗПМ-ЗЗск		

Входные данные

Стоимость помещения		
Площадь станка по габаритам	23.97	32.64
Коэффициент, учитывающий доп. площадь станка	4.5	4
Площадь устройства ЧПУ, м	0	1.42
Стоимость 1 м.кв. площади мех. цеха, грн.	58	58
Площадь служебно-бытовых помещений, приходящаяся на одного рабочего, м.кв.	4	5
Стоимость 1 м.кв. площади, занятой служебно-бытовыми помещениями (грн.)	535	535
Стоимость разработки ПУ		
Стоимость разработки ПУ, грн.	0	90
Оборотные средства в незавершённом производстве		
Стоимость заготовки Sзаг, грн.	493	493
Себестоимость обработки		
Среднегодовая зарплата станочника, грн.	9.3	8.4
Среднегодовая зарплата наладчика, грн.	7.2	7.2
Среднегодовая зарплата настройщика инструмента, грн.	0	7.4
Среднегодовая зарплата контролёра, грн.	7	7
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

Далее

Назад

Выход

Рисунок 4.2 – Другой кадр программы Economical Linksmoon

Входные данные

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	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 ЧПУ, грн.	0	560

Далее

Назад

Выход

Рисунок 4.3 – Третий кадр программы Economical Linksmoon

Входные данные

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

5863 грн

Срок окупаемости, лет

0,88 лет

Разработано на основе "Методических указаний ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ СТАНКОВ С ЧПУ".

Составители: проф. Марутов В.А.; ст.преп. Цыбинда Н.И., Криворожский Технический Университет

Далее

Назад

Выход

Программный продукт разработан Linksmoon

Рисунок 4.4-Підсумки

4.2 Безпека праці при виконанні транспортно-переміщувальних та вантажно-розвантажувальних операцій

Оскільки маса проектованої деталі «Ножовий супорт нижній» (у стані заготовки 254 кг та після механічної обробки становить 210 кг), що суттєво перевищує гранично допустимі норми ручного підймання вантажів, усі транспортні операції, процеси міжверстатного переміщення, а також операції встановлення та зняття деталі з металорізального обладнання мають бути повністю механізовані.

Вантажно-розвантажувальні роботи та експлуатація засобів цехового транспорту повинні здійснюватися відповідно до вимог «Правил охорони праці під час експлуатації вантажопідіймальних кранів, підіймальних пристроїв і відповідного обладнання» (НПАОП 0.00-1.80-18), ДСТУГОСТ 12.3.009-76 «ССБТ. Роботи завантажувально-розвантажувальні. Загальні вимоги безпеки» та технологічної документації на обробку.

4.2.1 Аналіз небезпечних виробничих факторів при транспортуванні деталі

Під час виконання транспортних і вантажопідйомних операцій із супортом масою 210 кг на верстатника (або стропальника) можуть впливати такі небезпечні виробничі фактори:

-Вантажі, що переміщуються: існує пряма загроза падіння деталі чи заготовки з висоти внаслідок обриву вантажозахоплювальних пристроїв, руйнування рим-болтів або неправильного виконання схеми стропування;

					КНУ.КБР.131.26.4-05.04.ОЕП	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

-Рухомі машини та механізми: переміщення в межах цеху мостових кранів, кран-балок чи електрокарів створює ризик притиснення або травмування персоналу;

-Гострі кромки, задирки та шорсткість поверхні: на стадіях чорнової та напівчистої механічної обробки на поверхнях деталі наявні гострі краї та металева стружка, що створює небезпеку механічних порізів рук під час закріплення вантажного оснащення.

4.2.2. Вимоги безпеки до підйимально-транспортного обладнання та оснащення

1. Для міжопераційного транспортування супорта в межах технологічного маршруту та його безпосереднього позиціонування на верстатах застосовуються цехові кран-балки або консольно-поворотні крани вантажопідйомністю не менше 0,5 т.

2. Вантажозахоплювальні пристрої (канати, текстильні чи ланцюгові стропи, траверси) повинні відповідати масі вантажу, мати інвентарні номери та клейма, що підтверджують проходження періодичних технічних випробувань. Категорично заборонено роботу з несправними гальмівними пристроями кранів чи зношеними стропами.

3. Через складну геометричну форму деталі та утруднене пряме стропування, для підйому необхідно використовувати спеціальні інструментальні оправлення, захоплювачі або рим-болти, які вкручуються у передбачені конструкцією КТПВ технологічні нарізні отвори в корпусі супорта.

4.2.3. Заходи безпеки при встановленні та знятті деталі з верстата

-Установка заготовок масою 210 кг на стіл верстата (чи у верстатне пристосування) та їх подальше зняття дозволяється виконувати тільки після повної зупинки приводів головного руху та подачі верстата, або за межами робочої зони різання за допомогою спеціальних позиційних пристроїв.

- Під час наведення та опускання супорта на робочу зону верстатник зобов'язаний перебувати поза траєкторією руху вантажу. Коригування положення деталі безпосередньо руками під час її опускання заборонено; для точного спрямування пазів деталі на шпонки або кондуктори слід використовувати спеціальні підручні гаки або відтяжки.

- Елементи збірних верстатних пристосувань повинні гарантувати надійне та жорстке закріплення супорта для унеможливлення його пружного зміщення або виривання під дією колосальних тангенціальних сил різання. Стропи звільняються і знімаються з деталі лише після її остаточної фіксації затискними елементами пристосування.

4.2.4 Організаційні та санітарно-профілактичні заходи

1. Допуск до робіт: До самостійного виконання вантажопідйимальних операцій та керування кран-балками з підлоги допускаються особи віком від 18 років, які пройшли медичний огляд, спеціальне навчання за професією стропальника, здали техмінімум та отримали відповідне посвідчення, а також пройшли первинний інструктаж на робочому місці.

2. Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ): Персонал цеху повинен бути забезпечений спецодягом, захисною каскою, рукавицями для захисту від порізів

					КНУ.КБР.131.26.4-05.04.ОЕП	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

та спецвзуттям із металевим підноском, який захищає стопу від травмування у разі випадкового падіння металевих предметів.

3. Правила складування: Тимчасове зберігання та накопичення заготовок і оброблених супортів між операціями має здійснюватися на спеціально відведених майданчиках, обладнаних дерев'яними підкладками та стелажми. Розміщення деталей у проходах, проїздах цеху або у спосіб, що порушує вимоги ергономічного планування ділянки, категорично забороняється.

					КНУ.КБР.131.26.4-05.04.ОЕП	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній бакалаврській роботі виконано комплексне вирішення інженерного завдання з удосконалення конструкторсько-технологічної підготовки виробництва деталі «Ножовий супорт нижній», що є відповідальним елементом приводу прокатної кліті.

За результатами проведеного проєктування та досліджень сформовано такі основні висновки:

- **Проєктування процесу складання:** Розроблено раціональний технологічний процес складання вузла із чітким визначенням послідовності виконання збірних операцій. Для забезпечення заданої точності механізму виявлено, сформовано та розраховано лінійні й кутові розмірні ланцюги.

- **Модернізація технологічного процесу:** Запропоновано та обґрунтовано ефективні зміни у типовому технологічному процесі виготовлення деталі (обойми). Зокрема, застарілий координатно-розточувальний верстат 2A620Ф2 замінено на сучасний багатоцільовий горизонтальний свердлильно-фрезерний верстат із ЧПК моделі 2204ВМФ4. Це рішення дозволило оптимізувати концентрацію технологічних переходів та суттєво скоротити часові затрати на операцію.

- **Проєктування заготовки та маршруту:** Спроєктовано та графічно оформлено креслення заготовки. Складено оптимальний маршрут обробки та послідовність технологічних операцій, а також виконано розрахунки міжопераційних розмірів, допусків і припусків на механічну обробку поверхонь.

- **Режими обробки та нормування:** Проведено аналітичний розрахунок оптимальних режимів різання для всіх запланованих операцій та виконано технічне нормування часу, що забезпечує високу продуктивність праці.

- **Технологічне оснащення:** Для реалізації потенціалу багатоцільового верстата з ЧПК 2204ВМФ4 розроблено надійне верстатно-інструментальне налагодження. Спроєктовано спеціальне контрольне пристосування, яке застосовується на завершальних операціях обробки для забезпечення оперативного та точного технічного контролю геометричних параметрів виробу.

- **Техніко-економічна ефективність:** Проведені техніко-економічні розрахунки повністю підтвердили доцільність впровадження розробленого процесу. Інтеграція багатоцільового верстата з ЧПК у виробничу лінію забезпечує значне зниження собівартості виготовлення деталі та підвищує загальну рентабельність виробництва.

					КНУ.КБР.131.26.4-05.В			
Змін	Аркв	№	Підпис	Дат	ВИСНОВКИ			
Розроб.	Чехов							
Перевір.	Цивінда							
Н. контр.	Нечаєв							
Затверд.	Рязаниев							
					Лім.		Арк.	Арквшів
					Кафедра ТМ зп ЗПМ-23гк			

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1.С.Г. Бондаренко. Розмірні розрахунки механоскладального виробництва. – Київ, 1993.
- 2.Дипломне проектування з технології машинобудування/ Григурко О.І, Брендюля 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 8781:2018 Відливки зі сталі.Загальні технічні умови.
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, Брендюля МФ., Доценко С.М, Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008, 576 с.
- 15.Залога В. О. Сучасні інструментальні матеріали у машинобудуванні Суми: СумДУ, 2013.
- 16.Кузнєцов Ю.М. Верстати з ЧПУ та верстатні комплекси. Частина 2.-К.-Тернопіль.ТОВ «ЗМОК» -ПП «Гнозіс», 2001.-298 с.
- 17.Кіяновський М.В., Цивінда Н.І., Цівко Ф.В. Довідник нормувальника машинобудівного виробництва. – Кривий Ріг: Видавничий центр КТУ, 2008.
- 18.Методичні вказівки з курсу ”Системи ЧПК та програмування обробки деталей” до практичної роботи ”Розробка верстатно-інструментального налагодження на верстати з ЧПК”, для здобувачів спеціальності 131 Прикладна механіка денної та заочної форми навчання / Цивінда Н.І., - Кривий Ріг: КНУ, 2025.

					КНУ.КБР.131.26.4-05.СВД			
Змін	Аркв	№	Підпис	Дат	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ			
Розроб.	Чехов							
Перевір.	Цивінда							
Н. контр.	Нечаєв							
Затверд.	Рязанцев				Кафедра ТМ зв ЗПМ-ЗЗрк			

19. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці: Підручник. – Львів: Афіша, 2005.
- 20.ДСТУ ГОСТ 3.1127:2014. Єдина система технологічної документації. Загальні правила виконання текстових технологічних документів. (ГОСТ 3.1127-93, IDT).
- 21.ДСТУ ГОСТ 3.1128:2014. Єдина система технологічної документації. Загальні правила виконання графічних технологічних документів. (ГОСТ 3.1128-93, IDT).
- 22.ДСТУ 2974-95. Технологічне підготовлення виробництва. Основні терміни та визначення.
- 23.ДСТУ 2925-94. Якість продукції. Оцінювання якості. Терміни та визначення.
- 24.ДСТУ ГОСТ 3.1102:2014 Єдина система технологічної документації. Стадії розробки та види документів. Загальні положення).
- 25.ДСТУ ГОСТ 3.1105:2014 Єдина система технологічної документації. Форми та правила оформлення документів загального призначення
- 26.ДСТУ ГОСТ 2.308:2013 ЄСКД. Зазначення допусків форми та розміщення поверхонь (ГОСТ 2.308-2011, IDT).
- 27.Єдина система конструкторської документації НАНЕСЕННЯ РОЗМІРІВ І ГРАНИЧНИХ ВІДХИЛІВ (ГОСТ 2.307-2011, IDT) ДСТУ ГОСТ 2.307:2013
- 28.Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної бакалаврської роботи для студентів спеціальності 131“Прикладна механіка ”Освітньо-професійної програми Прикладна механіка усіх форм навчання, Кривий Ріг: КНУ, 2025.

					КНУ.КБР.131.26.4-05.СВД	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

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 «Ножовий супорт нижній вузла прокатної кліті» у середовищі
CAD/CAM- технологій

Виконав здобувач гр. ЗПМ-23 ск

Віталій ЧЕХОВ

Керівник роботи

Наталія ЦИВІНДА

Нормоконтроль

Василь НЕЧАСВ

Завідувач кафедри

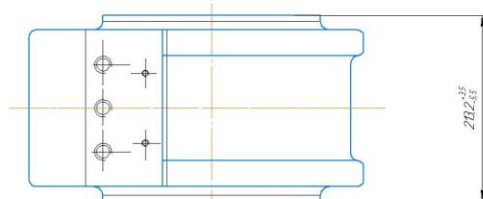
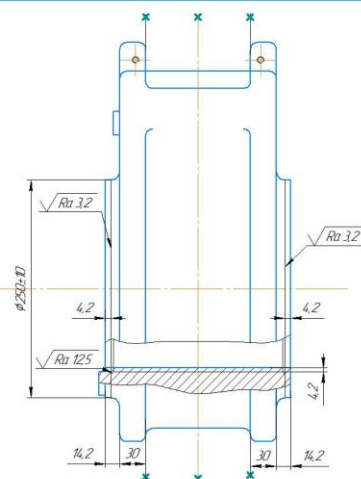
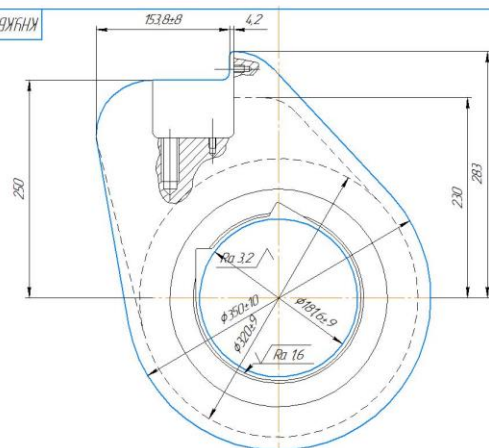
Антон РЯЗАНЦЕВ

м. Кривий Ріг
2026 р.

Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Справ. №	A4	1		КНУ.КБР.131.26.4-05.СВНВН	Складальный вузол	1		
	A4	2		КНУ.КБР.131.26.4-05.НСН	Ножовый супорт нижний	1		
	A1	3		КНУ.КБР.131.26.4-05.НСНВ	Ножовый супорт нижний (відливка)	1		
	A1	4		КНУ.КБР.131.26.4-05.ВІН	Верстатно-інструментальне			
					налагодження	2		
	A1	5		КНУ.КБР.131.26.4-05.ТО	Технологічне оснащення	1		
	A2	6		КНУ.КБР.131.26.4-05.КП	Контрольне пристосування	1		
Подп. и дата								
Взам. инв. №								
Подп. и дата								
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	КНУ.КБР.131.26.4-05.ВЕД.		
	Разраб.	Чехов				Відомість електронних документів КБР		
	Проб.	Цибінда						
	Н.контр.	Нечасов						
	Утв.	Рязанцев						
						Лит.	Лист	Листов
								1
						Каф.ТМ гр ЗПМ-23ск		

Копировал

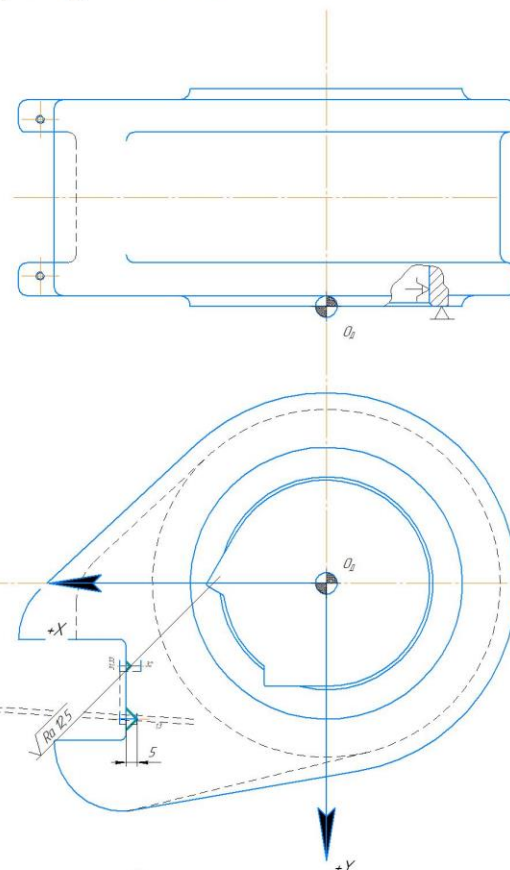
Формат A4



1. Відліки 2 друли складності.
2. Можливо зняти матеріал на сталь 55/7 ДСТУ 8781:2018
3. Відліки до H6220
4. Підверну заготовки професіюструють.
5. Місце вилуч твердості
6. Точність відліки 10-7-3 ДСТУ 8781:2018
7. Варіант дробичне відхилення маси відліки 6,3кг.
8. Недозволені дробичні нахили 1/23
9. Недозволені відхилення розмірів ліній
10. Лінійні розміри, призначення, неметалів виконання не допускається
11. Відліки підверну заготовки не допускається
12. Контролювати 15% заготовки

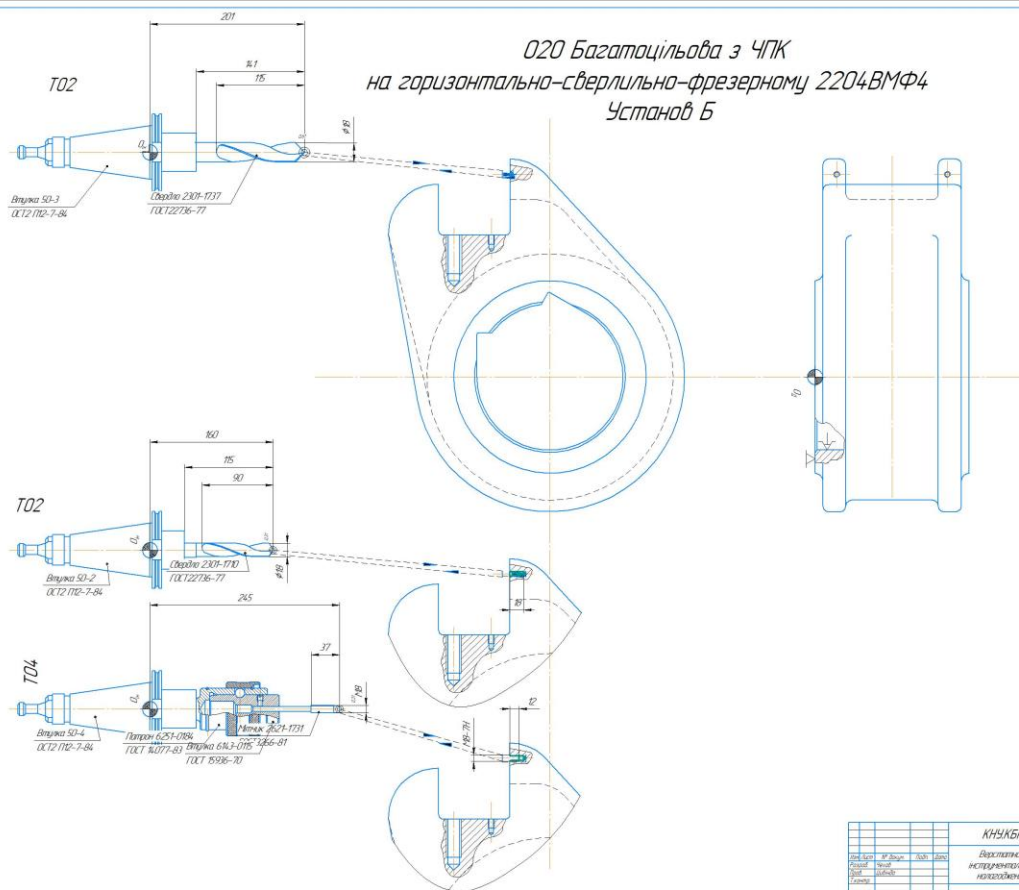
[illegible]

КНУКБР.13126.4-05.В/Н



				КНЧ.КБР.13126.4-05.ВН			
				Верстатно-инструментальные принадлежности			
Изм	Лист	№ докум	Дата	Изм	Лист	Масштаб	Масштаб
Рисов	Черт						1:2
Листов	Листов						
Исполн	Проект			Лист	Лист	Масштаб	1
Изм	Проект			Кор.ТМ зр 30П-23к			
				Контроль			
				Формат А1			

020 Багатацілюва з ЧПК
на горизонтально-сверлильно-фрезерному 2204ВМФ4
Установ Б

[illegible]

