

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 виготовлення деталі «Вал» привідного барабану та обґрунтування параметрів різального інструменту за допомогою CAD/CAM/CAE систем

Виконав: здобувач групи ПМ-21
Хмеленко О.В.

Керівник випускної роботи:
доцент, к.т.н., Рязанцев А.О.

Кривий Ріг
2025 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 виготовлення
деталі «Вал» привідного барабану та обґрунтування параметрів
різального інструменту за допомогою CAD/CAM/CAE систем

Виконав здобувач гр. ПМ-21	_____	Хмеленко О.В.
	(підпис)	
Керівник КБР	_____	Рязанцев А.О.
	(підпис)	
Нормоконтроль	_____	Нечаєв В.П.
	(підпис)	
Завідувач кафедри	_____	Рязанцев А.О.
	(підпис)	

м. Кривий Ріг
2025 р.

Криворізький національний університет
Факультет: механічної інженерії та транспорту
Кафедра: технології машинобудування
Ступінь вищої освіти: бакалавр
Спеціальність: 131 Прикладна механіка

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

(дата)

(підпис)

ЗАВДАННЯ **на кваліфікаційну бакалаврську роботу**

Здобувача групи ПМ-21 Хмеленко Олександр Вадимович

1. Тема: Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення деталі «Вал шліцьовий» привідного барабану та обґрунтування параметрів різального інструменту за допомогою CAD/CAM/CAE систем

Керівник проєкту: доц., к.т.н. Рязанцев А.О.

2. Затверджена наказом по КНУ № _____ від « ____ » _____ 2025 р.

2. Термін подання здобувачем закінченої роботи « ____ » _____ 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи: 1. Найменування вузла. 2. Складальне креслення «Привідний барабан». 3. Специфікація. 4. Креслення деталі «Вал шліцьовий». 3. Річна програма випуску деталей.

4. Зміст пояснювальної записки: 1. Аналіз службового призначення машини, вузла та деталі. 2. Технологічна підготовка виробництва деталі. 3. Вибір ріжучих та допоміжних інструментів за міжнародними стандартами. 4. Проектування та інженерний аналіз різального інструменту. 5. Моделювання та програмування операцій механічної обробки. 6. Організаційно-економічна підготовка виробництва.

5. Перелік графічного матеріалу: 1. Барабан привідний. 2. Вал. 3. Верстатно-інструментальне налагодження. 4. Фреза черв'ячна. 5. Моделювання процесу механічної обробки. 6. Інженерний аналіз спеціального різального інструменту.

6. Календарний план:

№ з/п	Етапи виконання кваліфікаційної роботи бакалавра	Термін виконання
1.	Розробка та узгодження технічного завдання	20.02.2025
2.	Технічне завдання та аналіз вихідних даних	22.02.2025
3.	Призначення об'єкту виробництва	30.02.2025
4.	Аналіз технологічності деталі.	06.03.2025
5.	Креслення деталі (A1-A4).	02.03.2025
6.	Вибір та обґрунтування послідовності обробки поверхонь деталі.	08.03.2025
7.	Розробка технологічного маршруту обробки деталі.	08.03.2025
8.	Вибір параметрів ріжучої частини інструментів.	14.03.2025
9.	Розрахунок конструктивних параметрів ріжучої частини інструменту.	17.03.2025
10.	Вибір розмірів ріжучого інструменту.	14.03.2025
11.	Креслення спеціального ріжучого інструменту (A2-A4).	27.03.2025
12.	Креслення з інженерним аналізом спеціального різального інструменту	28.03.2025
13.	Вибір допоміжних інструментів.	15.03.2025
14.	Розробка та креслення об'єднаного верстатно-інструментального (A1-A2)	01.04.2025
15.	Моделювання та програмування операцій механічної обробки	10.04.2025
16.	Креслення змодельованого процесу обробки (A1-A2)	26.04.2025
17.	Організаційно-економічна підготовка виробництва.	30.04.2025
18.	Висновки	09.06.2025
19.	Оформлення РПЗ	10.06.2025
20.	Попередній захист	16.06.2025

Дата видачі завдання: «___» _____ 2025 р.

Завдання видав керівник КБР _____

/Рязанцев А.О./

Завдання отримав
здобувач освіти _____

/ Хмеленко О.В./

[illegible]

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до КБР містить: 80 стор., 56 рисунків, 14 таблиць, 6 листів графічної частини.

Тема: «Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення деталі «Вал» привідного барабану та обґрунтування параметрів різального інструменту за допомогою CAD/CAM/CAE систем»

Метою дослідження є розробка та наукове обґрунтування технологічної підготовки виготовлення деталі "Вал" привідного барабану з використанням передових CAD/CAM/CAE технологій. В процесі роботи планується визначити та оптимізувати ключові параметри різання, що забезпечать оптимальне співвідношення між якістю обробленої поверхні, продуктивністю процесу та економічною ефективністю виробництва, з урахуванням діючих технологічних норм. Окрему увагу буде приділено оцінці впливу інтеграції CAD/CAM/CAE систем на покращення точності проектування, ефективності програмування обладнання з ЧПК та оптимізації інженерного аналізу для досягнення високих технічних характеристик деталі та підвищення загальної ефективності виробничого процесу.

Об'єктом дослідження у роботі є ключовий елемент транспортної системи безперервної дії – «Привідний барабан стрічкового конвеєра моделі 1Л180». Цей вузол є одним з основних виконавчих органів конвеєра, що відповідає за передачу обертового руху на конвеєрну стрічку та забезпечення її безперервного переміщення. Дослідження зосереджено на аналізі його конструктивних особливостей, технології виготовлення та пошук шляхів підвищення його надійності, довговічності та ефективності.

Предметом дослідження є відповідальний елемент привідного барабану – «Вал», дослідження якого надає необхідну інформацію для оптимізації технологічного процесу його виготовлення, вибору оптимальних матеріалів та режимів обробки, що в свою чергу сприятиме підвищенню якості та надійності привідного барабану в цілому.

Кваліфікаційна робота спрямована на глибокий інженерний аналіз ключового вузла механізму. Вона включає комплексне числове дослідження його поведінки під різними експлуатаційними навантаженнями та розробку програмного інструментарію для моделювання динамічних процесів. Особливу увагу приділено критичній складовій частині вузла, яка визначає його працездатність, з метою оцінки її міцності, жорсткості та зносостійкості, а також виявлення потенційних резервів для оптимізації конструкції.

					<i>КНУ.КБР.131.25.1-21.P</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Реферат		
Розроб.		<i>Хмеленко</i>					
Перевір.		<i>Рязанцев</i>					
Реценз.							
Н. Контр.		<i>Нечаєв</i>					
Зав. каф.		<i>Рязанцев</i>					
					Літ.	Арк.	Архув
					<i>Кафедра ТМ, гр. ПМ-21</i>		

Таким чином, виконана бакалаврська робота підтвердить актуальність та практичну цінність використання CAD/CAM/CAE технологій для підвищення ефективності та якості виробництва відповідальних машинобудівних деталей, що є важливим кроком у напрямку модернізації виробничих процесів та забезпечення високих стандартів якості в сучасному машинобудуванні.

ПРИВІДНИЙ БАРАБАН, ВАЛ, ЧЕРВ'ЯЧНА ФРЕЗА, ІНСТРУМЕНТАЛЬНЕ НАЛАГОДЖЕННЯ, СОБІВАРТІСТЬ, ПРОДУКТИВНІСТЬ, МОДЕЛЮВАННЯ.

					КНУ.КБР.131.25.1-21.P	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ABSTRACT

An explanatory note to the CBD contains: 80 side, 56 drawing, 14 table, 6 sheets of graphic part.

Topic: "Design and Technological Preparation for Manufacturing the "Shaft" Detail of a Drive Drum and Justification of Cutting Tool Parameters Using CAD/CAM/CAE Systems"

The object of research in this work is a key element of a continuous action transport system – the "Drive Drum of a Belt Conveyor, Model 1L180". This unit is one of the main actuating components of the conveyor, responsible for transmitting rotational motion to the conveyor belt and ensuring its continuous movement. The research focuses on the analysis of its structural features, manufacturing technology, and the search for ways to improve its reliability, durability, and efficiency.

The subject of research is a critical element of the drive drum – the "Shaft", the study of which provides the necessary information to optimize the technological process of its manufacture, the selection of optimal materials and processing modes, which in turn will contribute to improving the quality and reliability of the drive drum as a whole.

The qualification bachelor's work is aimed at an in-depth engineering analysis of a key mechanism unit. It includes a comprehensive numerical study of its behavior under various operational loads and the development of software tools for modeling dynamic processes. Particular attention is paid to a critical component of the unit that determines its performance, with the aim of evaluating its strength, rigidity, and wear resistance, as well as identifying potential reserves for design optimization.

The purpose of the research is to develop and scientifically substantiate the technological preparation for manufacturing the "Shaft" detail of a drive drum using advanced CAD/CAM/CAE technologies. The work plans to identify and optimize key cutting parameters that will ensure the optimal balance between the quality of the machined surface, process productivity, and economic efficiency of production, taking into account current technological standards. Special attention will be paid to evaluating the impact of integrating CAD/CAM/CAE systems on improving design accuracy, the efficiency of CNC equipment programming, and the optimization of engineering analysis to achieve high technical characteristics of the part and improve the overall efficiency of the production process.

Thus, the completed bachelor's thesis will confirm the relevance and practical value of using CAD/CAM/CAE technologies to improve the efficiency and quality of manufacturing critical machine-building parts, which is an important step towards the modernization of production processes and ensuring high quality standards in modern mechanical engineering.

DRIVE DRUM, SHAFT, WORM CUTTER, INSTRUMENTAL ADJUSTMENT, COST, PRODUCTIVITY, MODELING.

					КНУ.КБР.131.25.1-21Р	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП	10
1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МАШИНИ, ВУЗЛА ТА ДЕТАЛІ .	12
1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних	12
1.2 Призначення об'єкту виробництва, як елементу вузла, механізму машини з характеристикою будови, принципів роботи, характеристикою кінематичних та силових ланцюгів та передач машини	13
1.3 Складання вузла механізму	14
1.4 Вибір електродвигуна та основні розрахунки передач редуктора	15
1.5 Розрахунок параметрів точності шпонкового з'єднання	21
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛІ	24
2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін	24
2.2 Аналіз якості поверхонь деталі	25
2.3 Технічний контроль робочого креслення	26
2.4 Проектування технологічного процесу обробки деталі, вибір обладнання	28
3 ВИБІР РІЗУЧИХ ТА ДОПОМІЖНИХ ІНСТРУМЕНТІВ ЗА МІЖНАРОДНИМИ СТАНДАРТАМИ	38
3.1 Вибір типу інструментів з обробки поверхонь деталі	38
3.2 Вибір параметрів різальної частини інструментів	39
3.3 Розрахунок на міцність конструктивних параметрів різального інструменту	43
3.4 Вибір типорозміру допоміжних інструментів	47
3.5 Компоновка інструментального комплексу та розробка інструментального налагодження на технологічну операцію деталі	50
4 ПРОЕКТУВАННЯ ТА ІНЖЕНЕРНИЙ АНАЛІЗ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ	53
4.1 Розрахунок та проектування спеціального різального інструменту	53
4.2 Інженерний аналіз спеціального різального інструменту	60
5 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ	64
5.1 Робота з проміжними файлами, вибір системи ЧПК, постпроцесора	64
5.2 Моделювання обробки та перевірка керуючих програм	65
6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА	71
6.1 Розрахунки ключових техніко-економічних показників	71
6.2 Охорона праці та екологія виробництва	77
ВИСНОВКИ	79
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	80

					КНУ.КБР.131.25.1-21.3		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Хмеленко			Зміст	Літ.	Арк.
Перевір.		Рязанцев					Аркушів
Реценз.							
Н. Контр.		Нечасів				Кафедра ТМ, гр. ПМ-21	
Зав. каф.		Рязанцев					

ВСТУП

Підготовка здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти здійснюється за Освітньо-професійною програмою «Прикладна механіка», розробленою на основі Стандарту вищої освіти за спеціальністю 131 Прикладна механіка для першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, затвердженого Міністерством освіти і науки України (Наказ МОНУ №865 від 20.06.2019р.)

Перший (бакалаврський) рівень вищої освіти відповідає 6 (шостий) кваліфікаційному рівню Національної рамки кваліфікацій, першому циклу вищої освіти Рамки кваліфікацій Європейського простору вищої освіти, (<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1341-2011-п>) та концептуальні наукові та практичні знання, критичне осмислення теорій, принципів, методів і понять у сфері професійної діяльності та/або навчання.

Тобто здобувачі першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за Освітньо-професійною програмою «Прикладна механіка», після закінчення навчання, повинні мати:

- поглиблені когнітивні та практичні уміння/навички, майстерність та інноваційність на рівні, необхідному для розв'язання складних спеціалізованих задач і практичних проблем у сфері професійної діяльності або навчання;

- здатність донесення до фахівців і нефахівців інформації, ідей, проблем, рішень, власного досвіду та аргументації збір, інтерпретація та застосування даних спілкування з професійних питань, у тому числі іноземною мовою, усно та письмово;

Мати відповідальність і автономію управління складною технічною або професійною діяльністю чи проектами;

- спроможність нести відповідальність за вироблення та ухвалення рішень у непередбачуваних робочих та/або навчальних контекстах;

- формування суджень, що враховують соціальні, наукові та етичні аспекти ;

- організація та керівництво професійним розвитком осіб та груп здатність продовжувати навчання із значним ступенем автономії.

Мета освітньо-професійної програми «Прикладна механіка» узгоджена зі Стратегією та місією Криворізького національного університету. Це забезпечення ґрунтовної підготовки фахівців у сфері прикладної механіки шляхом надання загальних та фахових компетентностей, призначених для виконання проектування, виготовлення та експлуатації об'єктів та систем прикладної механіки в машинобудівних виробництвах гірничо-металургійної галузі, що базується на принципах академічної доброчесності, загальнолюдських цінностей, національної ідентичності та креативного становлення людини і суспільства майбутнього.

					КНУ.КБР.131.25.1-21.В		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Хмеленко				ВСТУП	Літ.	Арк.
Перевір.	Рязанцев						Аркушів
Реценз.							
Н. Контр.	Нечасів					Кафедра ТМ, гр. ПМ-21	
Зав. каф.	Рязанцев						

Акцент освітньо-професійної програми «Прикладна механіка» зроблений на здатності виконувати теоретичні та розрахунково-експериментальні роботи з вирішення завдань прикладної механіки – завдань динаміки, міцності, стійкості, довговічності, надійності та безпеки машин та механізмів; застосування інформаційних технологій, сучасних систем комп'ютерної математики, комп'ютерного технологій, програмних систем комп'ютерного проектування; систем автоматизованого проектування, програмних систем інженерного аналізу і комп'ютерного інжинірингу, організація роботи виробничих підрозділів, що займаються проектуванням, виробництвом та експлуатацією машин і механізмів машинобудівних виробництв гірничо-металургійного комплексу.

					КНУ.КБР.131.25.1-21.В	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МАШИНИ, ВУЗЛА ТА ДЕТАЛІ

1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних

Кваліфікаційна бакалаврська робота передбачає числове та програмне дослідження вузла механізму (привідний барабан стрічкового конвеєру), а також її складової частини (деталь «Вал»), яка бере на себе основну частину роботи під час експлуатації. До роботи додаються наступні конструкторські документації: складальне креслення привідного барабану 1Л180, специфікація та креслення валу.

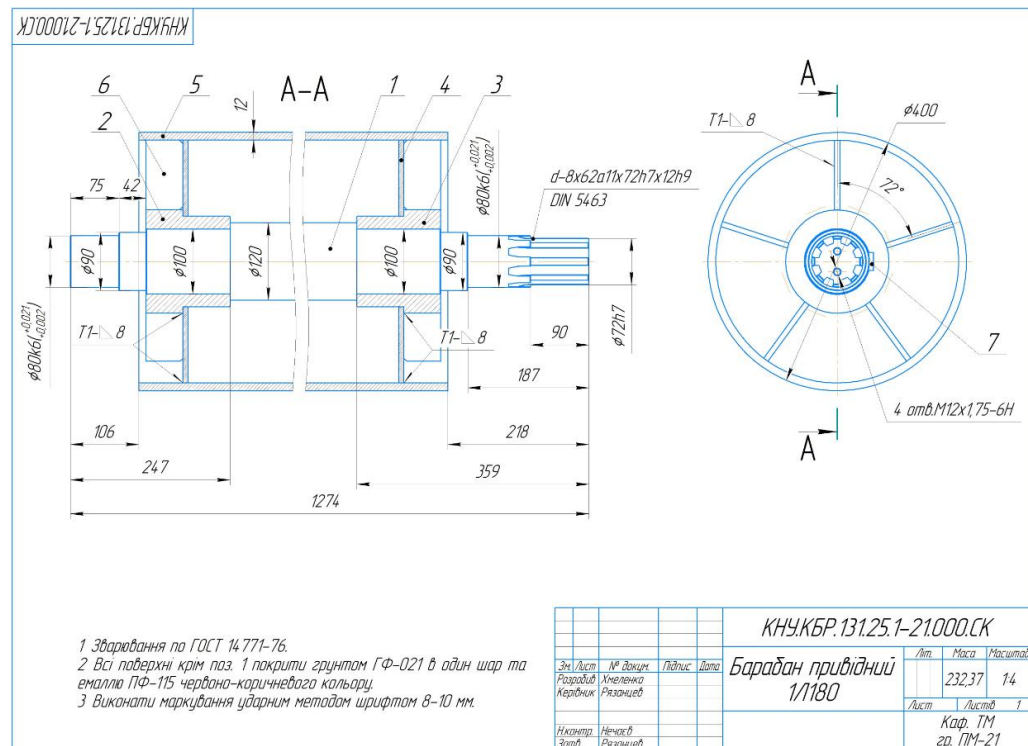


Рисунок 1.1 – Складальне креслення привідного барабану стрічкового конвеєру 1Л180

КНУ.КБР.131.25.1-21.01.АСПМ							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Аналіз службового призначення машини		
Розроб.	Хмеленко						
Перевір.	Рязанцев						
Реценз.							
Н. Контр.	Нечасів						
Зав. каф.	Рязанцев				Кафедра ТМ, гр. ПМ-21		

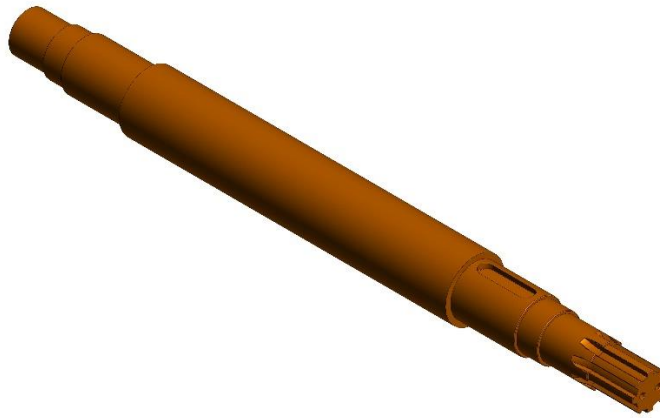


Рисунок 1.2 – 3D модель деталі «Вал»

Метою роботи є розробка та обґрунтування технологічної підготовки виготовлення деталі «Вал» привідного барабану з використанням сучасних систем автоматизованого проектування (CAD), автоматизованого виробництва (CAM) та інженерного аналізу (CAE). У процесі дослідження необхідно визначити та оптимізувати параметри різального інструменту, що забезпечують високу якість та продуктивність обробки, дотримання технологічних стандартів та зменшення витрат на виробництво. Також важливою є оцінка ефективності застосування CAD/CAM/CAE систем для досягнення заданих технічних характеристик деталі та покращення загальної організації виробничого процесу.

1.2 Призначення об'єкту виробництва, як елементу вузла, механізму машини з характеристикою будови, принципів роботи, характеристикою кінематичних та силових ланцюгів та передач машини

Стрічковий конвеєр – це простий, але ефективний механізм, призначений для безперервного транспортування різноманітних вантажів у різних галузях промисловості, таких як виробництво, склади, гірничо-шахтна справа та інше. До основних елементів стрічкового конвеєра входить:

Стрічка – гнучкий та безперервний елемент механізму, який виконує роль у транспортуванні або подачі різноманітних вантажів, у нашому випадку – вугілля.

Привідний барабан – базується у використанні двигуна-редуктора, що приводить до руху стрічковий конвеєр. У свою чергу редуктор зменшує число обертів, які передані на вхідний вал.

Непривідний або натяжний барабан – забезпечує необхідний натяг стрічки, аби запобігти його провисанню та пробуксовуванню.

Роликові опори – підтримує плавний рух стрічки по всій довжині, форма яких підбирається відповідно до типу вантажу (пряма або жолобчаста).

Рама – конструкція, на якій кріпляться елементи конвеєра.

					КНУ.КБР.131.25.1-21.01.АСПМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

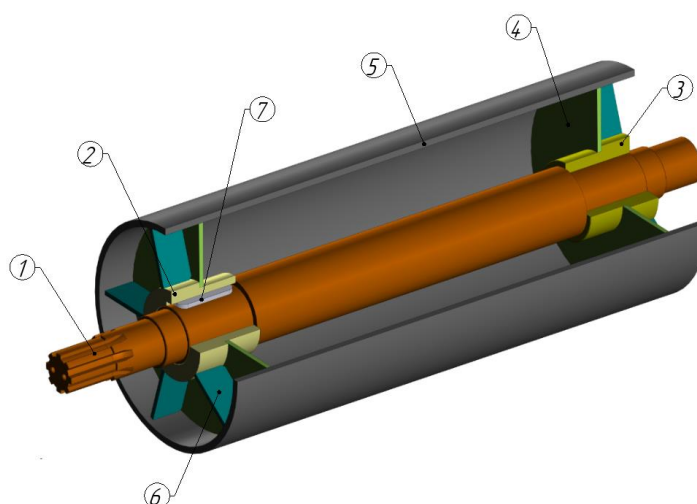


Рисунок 1.3 – Конвеєрна стрічка

Таблиця 1.1 - Технічні характеристики конвеєрної стрічки

Показник	Значення
1	2
Вантажопідйомність, т	42597,24
Швидкість руху стрічкового транспортера, м/с	0,42
Діаметр, мм	400
Довжина обичайки, мм	950
Товщина обичайки, мм	12
Виконання барабану	Приварний вал

1.3 Складання вузла механізму

Рисунок 1.4 – Схема привідного барабану: 1 – вал; 2, 3 – маточина; 4 – диск;
5 – обичайка; 6 – ребро; 7 – шпонка

					КНУ.КБР.131.25.1-21.01.АСПМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Привідний барабан складається з наступних елементів: вал, маточина двох виконань, диски, ребра, обичайка та шпонка. Вал поз. 1 призначений для передавання крутного моменту з приводу (редуктора) на барабан шляхом з'єднання муфти зі шліцьовою поверхнею та шпонки поз. 7, яка приводить у рух маточину поз. 3. Даний барабан відноситься до приварного виконання, тобто маточини поз. 2 та 3 приварюються до дисків поз. 4, за рахунок чого дана дія приводить до руху механізму. Диски поз. 4 у свою чергу призначені для фіксації маточин у робочому просторі та обичайки поз. 5, яка являється зоною експлуатації барабану для конвеєрної стрічки. Задля жорсткості конструкції додані ребра жорсткості поз. 6, які приварені до обичайки та маточин.

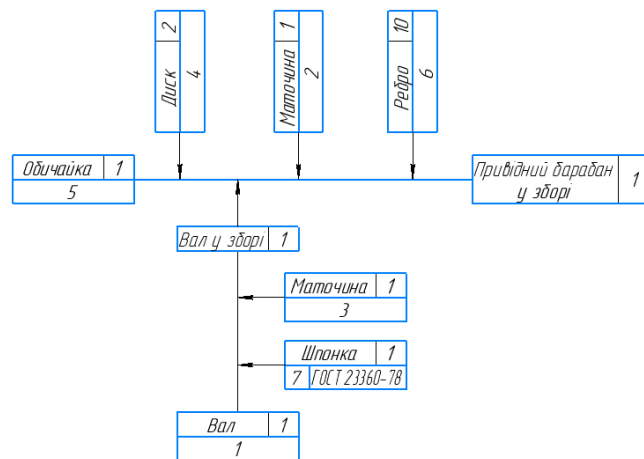


Рисунок 1.5 – Складання базового вузла

1.4. Вибір електродвигуна та основні розрахунки передач редуктора

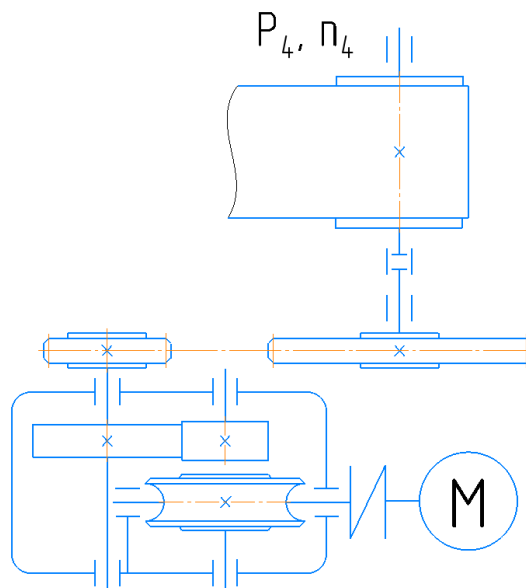


Рисунок 1.6 - Кінематична схема триступінчатого черв'ячного редуктора з приводним барабаном

					КНУ.КБР.131.25.1-21.01.АСПМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На основі кінематичної схеми привода визначимо його к.к.д. за формулою 1.1

$$\eta_{\text{пр}} = \eta_1 \cdot \eta_2^4 \cdot \eta_3 \cdot \eta_4 \cdot \eta_5 \cdot \eta_6, \quad (1.1)$$

де η_1 – к.к.д. муфти компенсуючої, η_2 – к.к.д. однієї пари підшипників кочення, η_3 – к.к.д. черв'ячної передачі, η_4 – к.к.д. циліндричної передачі, η_5 – к.к.д. відкритої передачі, η_6 – к.к.д. зубчастої муфти.

$$\eta_{\text{пр}} = 0,994 \cdot 0,994^4 \cdot 0,73 \cdot 0,97 \cdot 0,93 \cdot 0,994 = 0,635$$

Визначимо необхідну потужність двигуна привода за формулою 1.2

$$P_p = \frac{P_4}{\eta_{\text{пр}}}, \quad (1.2)$$

$$P_p = \frac{9,4}{0,635} = 14,8 \text{ кВт}$$

Визначимо кутову швидкість конвеєра на ведучому валу за заданими параметрами за формулою 1.3

$$\omega_1 = \frac{\pi \cdot n_4}{30}, \quad (1.3)$$

$$\omega_1 = \frac{3,14 \cdot 20}{30} = 2,093 \frac{\text{рад}}{\text{с}},$$

Значення попереднього передаточного відношення визначається за формулою 1.4

$$i_{\text{пр}} = i_p \cdot i_{\text{від}}, \quad (1.4)$$

де i_p – передаточне число редуктора, $i_{\text{від}}$ – передаточне число відкритої передачі.

$$i_{\text{пр}} = 37 \cdot 4 = 148$$

Розрахуємо попередню частоту обертання двигуна за формулою 1.5

$$n'_{\text{дв}} = n_4 \cdot i_{\text{пр}}, \quad (1.5)$$

$$n'_{\text{дв}} = 20 \cdot 148 = 2960 \text{ об/хв}$$

Обраний електродвигун типу 4A160S2Y3, який представлений у таблиці 1.2

					КНУ.КБР.131.25.1-21.01.АСПМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.2 – Механічні характеристики електродвигуна

Основні параметри електродвигуна 4A160S2Y3	Позначення у формулах, одиниці вимірювання	Значення
1	2	3
Потужність	$P_{\text{дв}}$, кВт	15
Номінальна частота	$n_{\text{дв}}$, об/хв	2940
Відношення	$T_{\text{п}}/T_{\text{н}}$	1,2
Діаметр вихідного кінця електродвигуна	$d_{\text{дв}}$, мм	42
Довжина вихідного кінця валу електродвигуна	$l_{\text{дв}}$, мм	110

Визначимо передаточне число привода за формулою 1.6

$$i_{\text{пр}} = \frac{n_{\text{дв}}}{n_4}, \quad (1.6)$$

$$i_{\text{пр}} = \frac{2940}{20} = 147$$

Визначаємо передаточне число відкритої передачі за формулою 1.7

$$i_{\text{від}} = \frac{i_{\text{пр}}}{i_p} = \frac{147}{37} = 3,97, \quad (1.7)$$

Обираємо границі передаточного числа для циліндричної передачі в двох ступінчастій $i_{\text{цп}} = 3,15$.

Визначаємо передаточне відношення для черв'ячної передачі за формулою 1.8

$$i_{\text{ч}} = \frac{i_p}{i_{\text{цп}}}, \quad (1.8)$$

$$i_{\text{ч}} = \frac{37}{3,15} = 11,746$$

Приймаємо $i_{\text{ч}} = 16$

Тоді фактичне редуктора знаходимо за формулою 1.9

$$i_p = i_{\text{ч}} \cdot i_{\text{ц}}, \quad (1.9)$$

$$i_p = 3,15 \cdot 16 = 50,4$$

Уточнюємо значення передаточного числа відкритої передачі за формулою 1.10

$$i_{\text{вп}} = \frac{i_{\text{пр}}}{i_p}, \quad (1.10)$$

					КНУ.КБР.131.25.1-21.01.АСПМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$i_{\text{вп}} = \frac{147}{50,4} = 2,91$$

Визначимо потужність, кутову швидкість і обертовий момент для кожного валу привода

1) На валу електродвигуна:

- Частота обертання, об/хв

$$n_{\text{дв}} = 2940 \text{ об/хв}$$

- Кутова швидкість, рад/с

$$\omega_{\text{дв}} = \frac{\pi \cdot n_{\text{дв}}}{30}, \quad (1.11)$$

$$\omega_{\text{дв}} = \frac{3,14 \cdot 2940}{30} = 307,72 \text{ рад/с}$$

- Номінальна потужність, кВт

$$P_{\text{пр}} = P_p = 15$$

- Обертовий момент, Нм

$$T_{\text{дв}} = \frac{P_p \cdot 10^3}{\omega_{\text{дв}}}, \quad (1.12)$$

$$T_{\text{дв}} = \frac{15 \cdot 10^3}{307,72} = 48,74 \text{ Нм}$$

2) На входному валу редуктора після муфти

- Частота обертання, об/хв

$$n_1 = n_{\text{дв}} = 2940 \text{ об/хв}$$

- Кутова швидкість, рад/с

$$\omega_1 = \omega_{\text{дв}} = 307,72 \text{ рад/с}$$

- Номінальна потужність, кВт

$$P_1 = P_{\text{дв}} \cdot \eta_1, \quad (1.13)$$

$$P_1 = 15 \cdot 0,994 = 14,91 \text{ кВт}$$

- Обертовий момент, Нм

$$T_1 = \frac{P_1 \cdot 10^3}{\omega_1}, \quad (1.14)$$

					КНУ.КБР.131.25.1-21.01.АСПМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_1 = \frac{14,91 \cdot 10^3}{307,72} = 48,45 \text{ Нм}$$

3) На проміжному валу редуктора:

- Частота обертання, об/хв

$$n_2 = \frac{n_1}{i_{\text{Iст}}}, \quad (1.15)$$

$$n_2 = \frac{2940}{16} = 183,75 \text{ об/хв}$$

- Кутова швидкість, рад/с

$$\omega_2 = \frac{\omega_1}{i_{\text{Iст}}}, \quad (1.16)$$

$$\omega_2 = \frac{307,72}{16} = 19,23 \text{ рад/с}$$

- Потужність проміжному валі, кВт

$$P_2 = P_1 \cdot \eta_2^2 \cdot \eta_{\text{Iст}}, \quad (1.17)$$

$$P_2 = 14,91 \cdot 0,994^2 \cdot 0,73 = 10,754 \text{ кВт}$$

- Обертовий момент, Нм

$$T_2 = T_1 \cdot i_{\text{Iст}}, \quad (1.18)$$

$$T_2 = 48,45 \cdot 16 = 775,2 \text{ Нм}$$

де $i_{\text{Iст}}$ – передаточне число першої ступені редуктора (черв'ячна або циліндрична)

$\eta_{\text{Iст}}$ – к.к.д. першої ступені редуктора (черв'ячна або циліндрична)

4) На вихідному валу редуктора:

- Частота обертання, об/хв

$$n_3 = \frac{n_2}{i_{\text{IIст}}}, \quad (1.19)$$

$$n_3 = \frac{183,75}{3,15} = 58,3 \text{ об/хв}$$

- Кутова швидкість, рад/с

$$\omega_3 = \frac{\omega_2}{i_{\text{IIст}}} = \frac{19,23}{3,15} = 6,1 \text{ рад/с}$$

					КНУ.КБР.131.25.1-21.01.АСПМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Потужність на вихідному валі, кВт

$$P_3 = P_2 \cdot \eta_2^2 \cdot \eta_{\text{ІІСТ}}, \quad (1.20)$$

$$P_3 = 10,754 \cdot 0,994^2 \cdot 0,97 = 10,3 \text{ кВт}$$

- Обертовий момент, Нм

$$T_3 = T_2 \cdot i_{\text{ІІСТ}}, \quad (1.21)$$

$$T_3 = 775,2 \cdot 3,15 = 2441,88 \text{ Нм}$$

де $i_{\text{ІІСТ}}$ – передаточне число першої ступені редуктора (черв’ячна або циліндрична)

$\eta_{\text{ІІСТ}}$ – к.к.д. другої ступені редуктора (черв’ячна або циліндрична)

5) На валу робочого органу:

а) для передачі обертання через відкриту передачу

- Частота обертання, об/хв

$$n_4 = \frac{n_3}{i_{\text{ВІД}}}, \quad (1.22)$$

$$n_4 = \frac{58,3}{2,91} = 20 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

- Кутова швидкість, рад/с

$$\omega_4 = \frac{\omega_3}{i_{\text{ВІД}}}, \quad (1.23)$$

$$\omega_4 = \frac{6,1}{2,91} = 2,1 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

- Потужність на робочому органі, кВт

$$P_4 = P_3 \cdot \eta_5, \quad (1.24)$$

$$P_4 = 10,3 \cdot 0,93 = 9,58 \text{ кВт}$$

- Обертовий момент, Нм

$$T_4 = T_3 \cdot i_{\text{ВІД}}, \quad (1.25)$$

$$T_4 = 2441,88 \cdot 2,91 = 7105,87 \text{ Нм}$$

6) На валу барабана після муфти

- Частота обертання, об/хв

$$n_5 = n_4 = 20 \text{ об/хв}$$

					КНУ.КБР.131.25.1-21.01.АСПМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Кутова швидкість, рад/с

$$\omega_5 = \omega_4 = 2,1 \text{ рад/с}$$

- Номінальна потужність, кВт

$$P_5 = P_4 \cdot \eta_6, \quad (1.26)$$

$$P_5 = 9,58 \cdot 0,994 = 9,5 \text{ кВт}$$

- Обертовий момент, Нм

$$T_5 = \frac{P_5 \cdot 10^3}{\omega_5}, \quad (1.27)$$

$$T_5 = \frac{9,5 \cdot 10^3}{2,1} = 45,24 \text{ Нм}$$

Отримані данні заносимо до таблиці 1.3

Таблиця 1.3 – Результати розрахунку основних параметрів привода стрічкового конвеєра

Вал	n, об/хв	ω , рад/с	P, кВт	T, Н·м	i		
дв	2940	307,72	15	48,74			
1	2940	307,72	14,91	48,45	16		
2	183,75	19,23	10,754	775,2		3,15	
3	58,3	6,1	10,3	2441,88			2,91
4	20	2,1	9,58	7105,87			
5	20	2,1	9,5	45,24			

1.5 Розрахунок параметрів точності шпонкового з'єднання

Задане шпонкове з'єднання $\emptyset 110 - 28 \times 16 - 2$,

де D = 100 – діаметр отвору втулки; d = 100 – діаметр валу; b = 28 – ширина шпонки; h = 16 – висота шпонки; 2 – група поля допуску (з'єднання нормальне);

$B_B = 28$ – ширина пазу вала; $B_{BT} = 28$ – ширина пазу втулки;

$a = d - t_1 = 100 - 10 = 90$ – глибина шпонкового пазу вала;

$A = D + t_2 = 100 + 6,4 = 106,4$ – глибина шпонкового пазу втулки;

$l = 110$ – довжина шпонки; $L = 110H15$ – довжина шпонового пазу вала.

Знайдемо поля допусків:

$D = 100H7$; $d = 100n6$;

$b = 28h9$; $B_B = 28N9$; $B_{BT} = 28Js9$;

$h = 16h11$; $a = 90h14$; $A = 106,4H14$.

					КНУ.КБР.131.25.1-21.01.АСПМ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Знайдемо граничні відхилення:

$$b = 28h9;$$

$$B_B = 28N9;$$

$$B_{BT} = 28Js9;$$

$$es = 0; ei = -52 \text{ мкм.}$$

$$ES_B = 0; EI_B = -52 \text{ мкм.}$$

$$ES_{BT} = 26 \text{ мкм; } EI_{BT} = -26 \text{ мкм}$$

$$b_{\max} = 28 + 0 = 28;$$

$$b_{\min} = 28 + (-0,052) = 27,948;$$

$$B_{B\max} = 28 + 0 = 28;$$

$$B_{B\min} = 28 + (-0,052) = 27,948;$$

$$B_{BT\max} = 28 + 0,026 = 28,026;$$

$$B_{BT\min} = 28 + (-0,026) = 27,974.$$

$$T_b = 28 - 27,948 = 0,052 = 52 \text{ мкм;}$$

$$T_{B_B} = 28 - 27,948 = 0,052 = 52 \text{ мкм;}$$

$$T_{B_{BT}} = 28,026 - 27,974 = 0,052 = 52 \text{ мкм;}$$

Розглянемо характер з'єднання шпонки та шпонкового пазу:

$28\frac{N9}{h9}$ – шпонка з'єднана зі шпонковим пазом вала, виконана з перехідною посадкою.

$28\frac{Js9}{h9}$ – шпонка з'єднана зі шпонковим пазом втулки, виконана з перехідною посадкою.

Розрахуємо зазори або натяги:

$$S_{B\max} = 28 - 27,948 = 0,052 = 52 \text{ мкм;}$$

$$N_{B\max} = 28 - 27,948 = 0,052 = 52 \text{ мкм;}$$

$$S_{BT\max} = 28,026 - 27,948 = 0,078 = 78 \text{ мкм;}$$

$$N_{BT\max} = 28 - 27,974 = 0,026 = 26 \text{ мкм.}$$

Накреслимо схему полів допусків та ескіз шпонкового з'єднання:

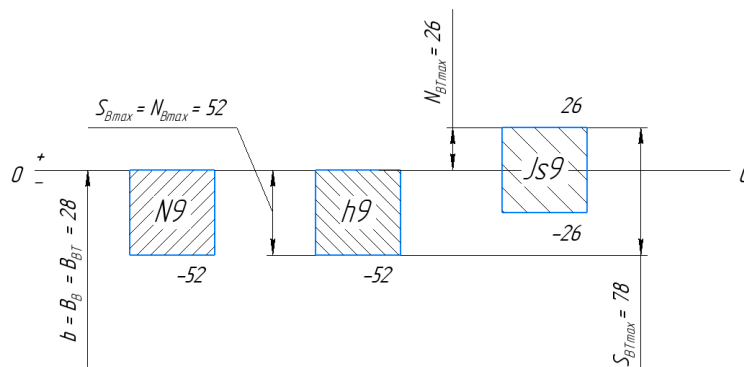


Рис. 1.7 - Схема полів допусків нормального з'єднання

					КНУ.КБР.131.25.1-21.01.АСПМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

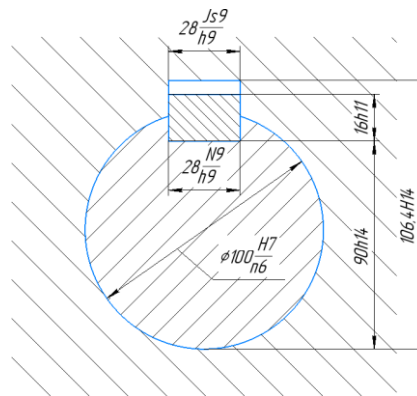


Рис. 1.8 - Ескіз нормального шпонкового з'єднання

					КНУ.КБР.131.25.1-21.01.АСПМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛІ

2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін

Деталь «Вал» привідного барабану призначена для передавання крутного моменту у виробі та складається з наступних конструктивних елементів: має шліцьову поверхню під муфту, по два отвори з обох торців для фіксації механізму у робочій зоні та шпонковий паз, який у подальшому слугує встановленню ступиці.

Вал шліцьовий виготовляється зі сталі 45 за ДСТУ 7809:2015. Як заміну матеріалу можна запропонувати: 40Х, 50, 50Г2.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сталей

Матеріал	Зміст елементів, %						
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni
	Не більш						
Сталь 45	0,42...0,5	0,17...0,37	0,5...0,8	0,035	0,04	0,25	0,3
Сталь 40Х	0,36...0,44	0,17...0,37	0,5...0,8	0,035	0,035	0,8...1,1	0,3
Сталь 50	0,47...0,55	0,17...0,37	0,5...0,8	0,035	0,04	0,25	0,3
Сталь 50Г2	0,46...0,55	0,17...0,37	1,4...1,8	0,035	0,035	0,3	0,3

Запропанований матеріал для заміни повинен обладати механічними властивостями схожими на сталь 40, такі як межа текучості, межа міцності, відносне подовження і звуження, твердість. Запропановані сталі як замінники внесені у таблицю 2.2, де вказані їх основні механічні властивості.

					КНУ.КБР.131.25.1-21.02.ТПВД		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Технологічна підготовка виробництва деталі		
Розроб.	Хмеленко						
Перевір.	Рязанцев						
Реценз.							
Н. Контр.	Нечасв						
Зав. каф.	Рязанцев				Літ. Арк. Аркушів Кафедра ТМ, гр. ПМ-21		

Таблиця 2.2 – Механічні властивості сталей

Сортамент	Марка	Нормалізована				Термічно оброблена	Горячекатана	Відпалена
		Границя текучості	Границя міцності	Відносне подовження	Відносне звуження			
Не менш								
Пруток Ø120	45	355	600	14	35	49	229	197
	40X	785	980	8	40	54	-	217
	50	375	630	12	35	38	241	207
	50Г2	420	740	9	30	-	-	229

2.2 Аналіз якості поверхонь деталей

Для аналізу якості поверхонь деталі «Вал» пронумеруємо його поверхні (див. рис. 2.1)

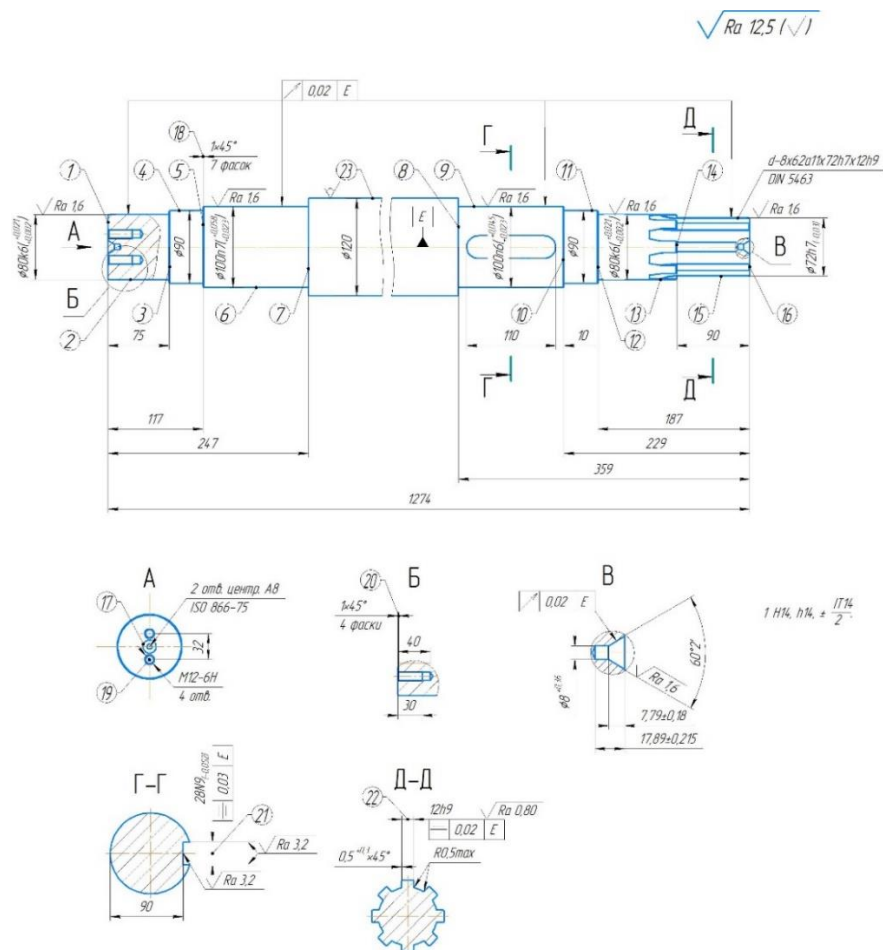


Рисунок 2.1 – Поверхні деталі «Вал» привідного барабану

					КНУ.КБР.131.25.1-21.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основними поверхнями вала є поверхні 2 і 13, так як саме під ці поверхні надягаються підшипники, які відіграють роль у фіксації барабану, а також поверхня 8, яка являється вагомою частиною для встановлення валу у робочому просторі. Допоміжними поверхнями є шпонковий паз під номером 19 та шліці 20, завдяки яким приводиться у рух даний механізм. Решта поверхонь є вільними.

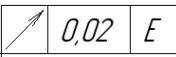
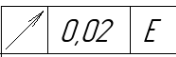
Всі розміри, їх граничні відхилення та вимоги по шорсткості поверхонь відповідають вимогам технолога. Точність поверхонь підшипників доцільно впливає на довговічність вала та самих підшипників. Основною конструктивною і технологічною базою вала є вісь.

2.3 Технічний контроль робочого креслення

Деталь представляє із себе ступінчатий двосторонній вал з точністю обробки основних поверхонь від IT 6 до 7. Відношення довжини валу до його найбільшого діаметру становить приблизно 10,6, тому деталь відноситься до категорії нежорстких валів. Деталь має посадочні місця під підшипники, внаслідок чого вимоги до точності цих поверхонь (поз. 2, 13) досить високі.

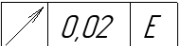
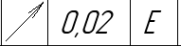
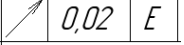
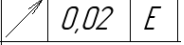
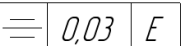
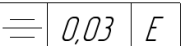
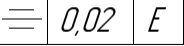
На основі аналізу поверхонь деталі «Вал» складаємо таблицю 2.3

Таблиця 2.3 – Аналіз поверхонь та їх технологічні методи обробки

№ пов.	Номинальний розмір, мм	Технологічні методи обробки	Допуск, IT	Шорсткість, Ra	Примітка
1	2	3	4	5	6
1, 16	L1274		h14	12,5	-
		Чорнове підрізання торця	h14	12,5	
2	Ø80		k6	1,6	
		Чорнове точіння;	k14	12,5	
		Пів чистове точіння;	k10	6,3	
		Чистове точіння;	k8	3,2	
		Шліфування	k6	1,6	
3	L75		h14	12,5	-
		Чорнове підрізання торця	h14	12,5	
4, 11	Ø90		h14	12,5	-
		Чорнове точіння	h14	12,5	
5	L117		h14	12,5	-
		Чорнове підрізання торця	h14	12,5	
6	Ø100		h7	1,6	
		Чорнове точіння;	h14	12,5	
		Пів чистове точіння;	h10	6,3	
		Чистове точіння;	h8	3,2	
		Шліфування	h7	1,6	
7	L247		h14	12,5	-
		Чорнове підрізання торця	h14	12,5	
8	L359		h14	12,5	-
		Чорнове підрізання торця	h14	12,5	

					КНУ.КБР.131.25.1-21.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5	6
9	Ø100		n6	1,6	
		Чорнове точіння;	n14	12,5	
		Пів чистове точіння;	n10	6,3	
		Чистове точіння;	n8	3,2	
10	L229		n6	1,6	-
		Шліфування	n6	1,6	
12	L187		h14	12,5	-
		Чорнове підрізання торця	h14	12,5	
13	Ø80		h14	12,5	-
		Чорнове підрізання торця	h14	12,5	
			k6	1,6	
		Чорнове точіння;	k14	12,5	
14	L90	Пів чистове точіння;	k10	6,3	-
		Чистове точіння;	k8	3,2	
		Шліфування	k6	1,6	
			k6	1,6	
15	Ø72		h14	12,5	
		Чорнове точіння;	h14	12,5	
		Пів чистове точіння;	h10	6,3	
		Чистове точіння;	h8	3,2	
17	Ø8, 2 отв.		h7	1,6	
		Шліфування	h7	1,6	
18	Фаска 1x45°, 7 фасок		H14	1,6	
		Свердління	H14	1,6	
19	М12 x L30, 4 отв.		h14	12,5	-
		Чорнове точіння	h14	12,5	
20	Фаска 1x45°, 4 фаски		6H	3,2	-
		Нарізання різьби	6H	3,2	
21	b28		h14	12,5	
		Зенкування	h14	12,5	
22	b12		N9	3,2	
		Чорнове фрезерування	N14	12,5	
		Чистове фрезерування	N9	3,2	
			N9	3,2	
23	Ø120		h9	0,8	
		Чорнове фрезерування	h14	12,5	
		Чистове фрезерування	h10	6,3	
		Шліфування попереднє	h9	1,6	
		Шліфування остаточне	h9	0,8	
		Необробка			

Розмірні ланцюги побудована правильно, як і вимоги до розташування поверхонь, що відповідає вимогам єдиного стандарту конструкторської документації (ЕСКД). Технічні умови робочого креслення відповідає призначенню деталі та обраної заготівлі.

					КНУ.КБР.131.25.1-21.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.4 Проектування технологічного процесу обробки деталі, вибір обладнання

Вибір обладнання грає ключову роль у забезпеченні високої точності та якості обробки. Сучасні верстати з числовим програмним керуванням (ЧПК) дозволяють автоматизувати процеси обробки, зменшити час виробництва та підвищити продуктивність. При цьому враховуються такі фактори, як потужність верстата, його точність, швидкість обробки та можливість автоматизації.

Пропозиції щодо вибору сучасного обладнання:

Токарна, свердлильна та фрезерна обробка виконується на горизонтальному токарно-фрезерному верстаті з обробним центром з ЧПК моделі 550BL/МС серії Hi-TECH (рис. 2.2).



Рисунок 2.2 – Горизонтальний токарно-фрезерний верстат з обробним центром з ЧПК моделі Hi-TECH серії 550BL/МС

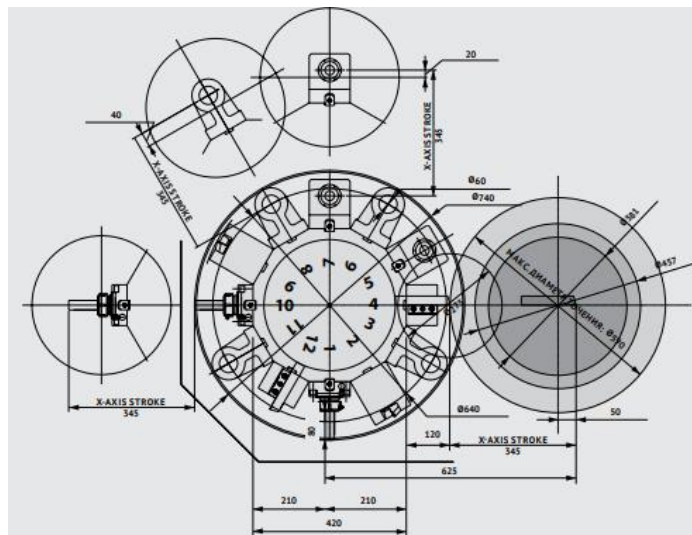


Рисунок 2.3 — Револьверна головка токарно-фрезерного верстату

					КНУ.КБР.131.25.1-21.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

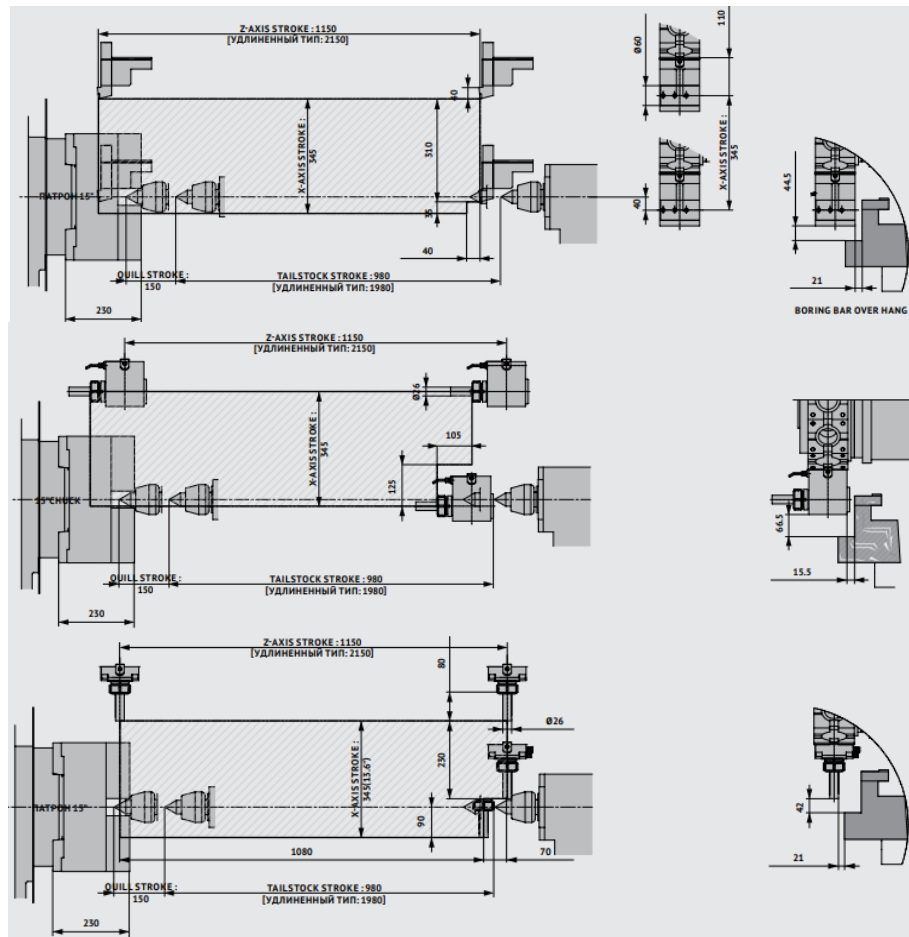


Рисунок 2.4 – Діапазон переміщень

Технічні характеристики

Керована координата:

- Найбільший діаметр над станиною, мм: Ø800;
- Максимальний діаметр обробки, мм: Ø590;
- Стандартний діаметр обробки, мм: Ø275;
- Максимальна довжина обробки, мм: 2100;
- Діаметр патрона, дюйми: 18"

Шпиндель:

- Тип конуса, ASA: A2-11;
- Максимальна швидкість обертів, об/хв: 1800;
- Діаметр отвору у шпинделі, мм: Ø132;
- Максимальний діаметр прутка, мм: Ø116;
- Внутрішній діаметр підшипника шпинделя, мм: Ø180;
- Двигун шпинделя, кВт: 30/22

Револьверна головка:

- Кількість позицій, шт: 12;

					КНУ.КБР.131.25.1-21.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Розмір інструмента, мм: □32 x Ø60;

Швидкість подачі:

- Швидке переміщення (X/Z), м/хв: 20/20;
- Максимальний хід (X/Z), мм: 345/2150;
- Двигун подачі (X/Z), кВт: 4/7

Задня бабка:

- Діаметр пінолі, мм: Ø120;
- Шаг пінолі, мм: 150;
- Конус пінолі, МТ: 5

Фрезерування та свердління:

- Двигун шпинделя, кВт: 7,5/5,5;
- Максимальна швидкість обертів, м/хв: 4000;
- Максимальний діаметр свердла/мітчика, мм: Ø32 x M20;

Місткість бака:

- Бак мастила, л: 12;
- Гідравлика, л: 50;
- МОР, л: 380

Джерело живлення:

- Споживана потужність, кВа: 75

Габарити:

- Висота, мм: 2450;
- Площина (довжина x ширина), мм: 5590 x 2450;
- Вага верстата, кг: 12700

					КНУ.КБР.131.25.1-21.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зубофрезерна обробка виконується на горизонтальному зубофрезерному верстаті з ЧПК моделі Hobber серії 200H (рис. 2.5).



Рисунок 2.5 – Горизонтальний зубофрезерний верстат з ЧПК моделі Hobber серії 200H

Технічні характеристики

Керована координата:

- Найбільший діаметр обробки зовнішнього зачеплення, мм: 200;
- Максимальний модуль, мм: 8;
- Максимальна довжина між центрами: 1500

Шпиндель:

- Тип привода – зубчата передача;
- Максимальний діаметр фрези, мм: 150;
- Максимальна швидкість обертів шпинделя, об/хв.: 3000;
- Потужність двигуна шпинделя, кВт: 15;
- Кут нахилу шпинделя, град: 45;
- Максимальна частота обертів, об/хв.: 45;
- Внутрішній конус шпинделя: ISO40;

Переміщення:

- Вісь X (радіальна), мм: 180;
- Вісь Y (тангенціальна), мм: 180;
- Вісь Z (осьова), мм: 1200

Габарити:

- Висота, мм: 2100
- Площина (довжина x ширина), мм: 2260x1650;
- Вага верстата, кг: 3000

					КНУ.КБР.131.25.1-21.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Шліфувальна обробка зовнішніх циліндричних поверхонь виконуються на універсальному круглошліфувальному верстаті з ЧПК ОШ-661 АФ2 (рис. 2.6).



Рисунок 2.6 – Універсальний круглошліфувальний верстат з ЧПК ОШ-661 АФ2

Технічні характеристики

Керована координата:

- Клас точності: А;
- Максимальна довжина між центрами, мм: 2000;
- Найбільший діаметр обробки заготовки, мм: 400

Шпиндель:

- Потужність головного привода, кВт: 4...7,5;
- Частота обертів шпинделя, об/хв: 1200...2800;
- Потужність шпинделя для внутрішньої обробки, кВт: 3,2...17;
- Частота обертів шпинделя, об/хв: 4000...60000;
- Частота обертів оброблюваної деталі, об/хв: 1...500

Шліфування:

- Зовнішній діаметр шліфувального круга, мм: 500;
- Внутрішній діаметр шліфувального круга, мм: 203;
- Висота шліфувального круга, мм: 50

Переміщення:

- Керована кількість координат: X, Z;
- Кут повороту стола верхнього за/проти часової стрілки, град: +9/-3;

Габарити:

- Висота, мм: 2480;
- Площа (довжина x ширина), мм: 6900 x 4200;
- Вага верстата, кг: 13000

					КНУ.КБР.131.25.1-21.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Шліфувальна обробка шліцьових поверхонь виконується на шліцешліфувальному верстаті з ЧПУ ВЗ-729Ф4-02 (рис. 2.7).



Рисунок 2.7 – Шліцешліфувальний верстат з ЧПУ ВЗ-729Ф4-02

Технічні характеристики

Керована координата:

- Максимальна довжина встановлюваної заготовки, мм: 1800;
- Максимальна довжина обробки поверхні, мм: 1700;
- Найбільший діаметр встановлюваної заготовки, мм: 250;
- Найбільший діаметр обробки поверхні, мм: 200;
- Найбільший модуль/висота паза, мм: 1...8/2...20;
- Максимальна вага оброблюваної деталі в центрах, кг: 150;
- Шорсткість обробленої поверхні шліца: Ra 0,8

Робоче переміщення робочих органів:

- Поздовжнє, мм: 2000;
- Поперечне, мм: 300;
- Вертикальне, мм: 300

Швидкість переміщення робочих органів:

- Поздовжнє, м/хв: 10;
- Поперечне, м/хв: 5;
- Вертикальне, м/хв: 5;
- Бабка виробу, об/хв: 30;
- Потужність електродвигуна головного руху, кВт: 11,5

Габарити:

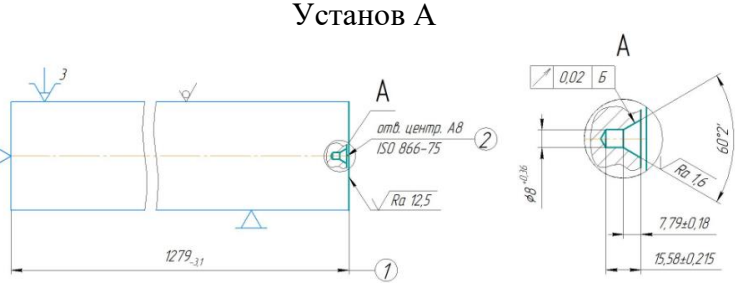
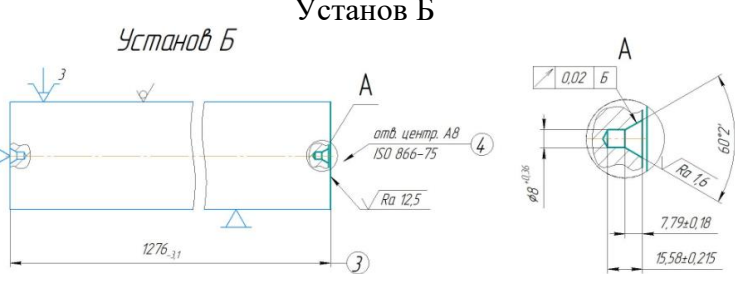
- Висота, мм: 2650;
- Площина (довжина x ширина), мм: 5310 x 4500;
- Вага верстата, кг: 7050

					КНУ.КБР.131.25.1-21.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Правильна послідовність виконання обробки деталі дозволяє уникнути непотрібних затримок і додаткових затрат часу, допомагає оптимально використовувати матеріали та енергію, зменшуючи матеріальні витрати та зусилля.

Всі етапи, які представлені у таблиці 2.4, забезпечують максимальну ефективність роботи.

Таблиця 2.4 – Послідовність виконання технологічного процесу

№ операції	Верстати, операція, переходи	Ескіз операцій
1	2	3
005	Фрезерно-відрізний верстат	-
010	Термічна обробка	-
015	Токарно-фрезерний верстат моделі 550BL/МС серії Hi-TECH 550 Установ А 1. Встановити, закріпити, зняти. 2. Підрізати торець під розмір 1. 3. Свердлити центровий отвір під розмір 2. Установ Б 4. Переустановити деталь. 5. Підрізати торець під розмір 3. 6. Свердлити центровий отвір під розмір 4.	Установ А  Установ Б 

Продовження таблиці 2.4

1	2	3
020	Токарно-фрезерний верстат моделі 550BL/МС серії Hi-TECH 550 Установ А 1. Встановити, закріпити, зняти. 2. Точити поверхні в розмір 1, 3, 5, 7. 3. Підрізати торці в розмір 2, 4, 6, 8. Установ Б 4. Переустановити деталь. 5. Точити поверхні в розмір 9, 11, 13. 6. Точити фаску під розмір 15. 7. Підрізати торці в розмір 10, 12, 14. Установ В 8. Переустановити деталь. 9. Точити поверхні в розмір 16, 17, 18, 19. 10. Точити фаску під розмір 20.	Установ А Установ Б Установ В
025	Токарно-фрезерний верстат моделі 550BL/МС серії Hi-TECH 550 1. Встановити, закріпити, зняти. 2. Фрезерувати шпоночний паз під розмір 1.	

Продовження таблиці 2.4

1	2	3
030	Токарно-фрезерний верстат моделі 550BL/МС серії Hi-TECH 550 Установ А 1. Встановити, закріпити, зняти. 2. Свердли, зенкувати та нарізати різьбу для отворів під розмір 1. Установ Б 3. Переустановити деталь. 4. Свердли, зенкувати та нарізати різьбу для отворів під розмір 2.	Установ А Установ Б
035	Зубофрезерний верстат моделі Hobbler серії 200H 1. Встановити, закріпити, зняти. 2. Фрезерувати шліци під розмір 1.	
040	Механізований верстат 1. Зачистити заусенці.	-
045	Універсальний круглошліфувальний верстат ОШ-661 АФ2 1. Встановити, закріпити, зняти. 2. Шліфувати поверхні під розмір 1, 2, 3, 4.	

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.25.1-21.02.ТПВД

Арк.

Продовження таблиці 2.4

1	2	3
050	Шліцешліфувальний верстат ВЗ-729Ф4-02 1. Встановити, закріпити, зняти. 2. Шліфувати поверхні під розмір 1.	
055	Технічний контроль	-
060	Нанесення антикорозійного покриття	-

					КНУ.КБР.131.25.1-21.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З ВИБІР РІЖУЧИХ ТА ДОПОМІЖНИХ ІНСТРУМЕНТІВ ЗА МІЖНАРОДНИМИ СТАНДАРТАМИ

3.1 Вибір типу інструментів з обробки поверхонь деталі

Враховуючи кількість та зміст представлених на сьогоднішній день технологічних методів обробки поверхонь, було зроблено вибір сучасних типів інструментів, що пропонуються вітчизняними та зарубіжними виробниками. Для кожної поверхні деталі підібрано тип інструменту, обґрунтовано вибір даного інструменту та представлено його ескіз. Дані представлені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Вибір інструментів для обробки поверхонь деталі «Вал»

№ поверхні	Найменування операції	Тип інструмента
1, 16	Чорнове підрізання торця	Прохідний різець
2	Чорнове точіння; Пів чистове точіння; Чистове точіння; Шліфування	Прохідний різець
3	Чорнове підрізання торця	Прохідний різець
4, 11	Чорнове точіння	Прохідний різець
5	Чорнове підрізання торця	Прохідний різець
6	Чорнове точіння; Пів чистове точіння; Чистове точіння; Шліфування	Прохідний різець
7	Чорнове підрізання торця	Прохідний різець
8	Чорнове підрізання торця	Прохідний різець
9	Чорнове точіння; Пів чистове точіння; Чистове точіння; Шліфування	Прохідний різець
10	Чорнове підрізання торця	Прохідний різець
12	Чорнове підрізання торця	Прохідний різець
13	Чорнове точіння; Пів чистове точіння; Чистове точіння; Шліфування	Прохідний різець
14	Чорнове підрізання торця	Прохідний різець

					КНУ.КБР.131.25.1-21.03.ВРДІ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Хмеленко			Вибір ріжучих та допоміжних інструментів				Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Рязанцев									
Реценз.									Кафедра ТМ, гр. ПМ-21		
Н. Контр.		Нечаєв									
Зав. каф.		Рязанцев									

Продовження таблиці 3.1

1	2	3
15	Чорнове точіння; Пів чистове точіння; Чистове точіння; Шліфування	Прохідний різець
17	Свердління	Центрувальне свердло
18	Чорнове точіння	Прохідний різець
19	Свердління, нарізання різьби	Свердло; Мітчик
20	Зенкування	Зенкер
21	Чорнове фрезерування Чистове фрезерування	Кінцева фреза
22	Чорнове фрезерування Чистове фрезерування Шліфування попереднє Шліфування остаточне	Дискова фреза
23	Необробка	

3.2 Вибір параметрів різальної частини інструментів

З урахуванням фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу заготовки, виду обробки та використаних верстатів визначається матеріал ріжучої частини, геометричні параметри і матеріал державки (корпусу, хвостовика) металорізального інструменту вітчизняних і зарубіжних виробників.

Позиції: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18.

Чорнове підрізання або точіння:

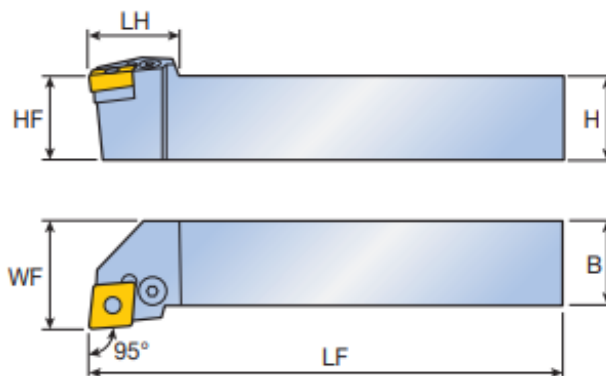


Рисунок 3.1 – Державка PCLNR3232 P1906D [7, с. 59]

Геометричні параметри: $H = 32$; $HF = 32$; $B = 32$; $LF = 170$; $LH = 38$; $WF = 40$

					КНУ.КБР.131.25.1-21.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

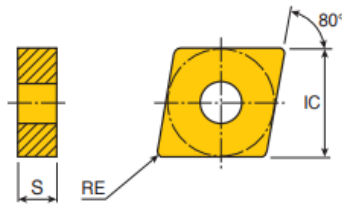


Рисунок 3.2 – Пластина CNMM190612 RH; CDV покриття: TT8125B
[7, с. 233]

Геометричні параметри: $IC = 19,05$; $S = 6,35$; $RE = 1,2$

Позиції: 2, 6, 9, 13, 15.

Напівчистове та чистове точіння:

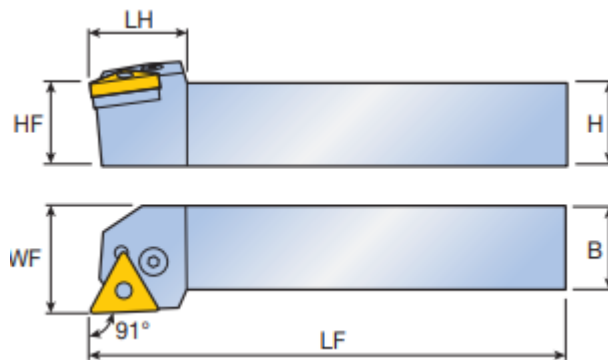


Рисунок 3.3 – Державка PTG NR3232 P22 [7, с. 68]

Геометричні параметри: $H = 32$; $HF = 32$; $B = 32$; $LF = 170$; $LH = 29$; $WF = 40$

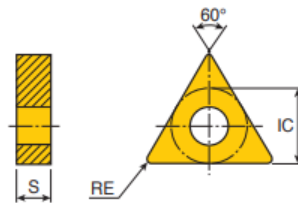


Рисунок 3.4 – Пластина TNMG220408 FG; CVD покриття: TT8125B
[7, с. 247]

Геометричні параметри: $IC = 12,7$; $S = 4,76$; $RE = 0,8$

					КНУ.КБР.131.25.1-21.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Позиція: 17.

Свердління:

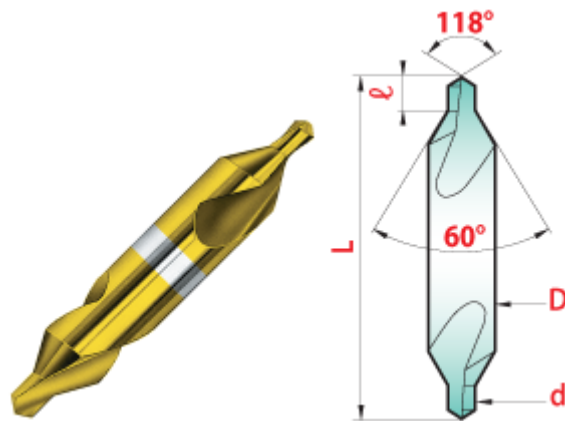


Рисунок 3.5 – Центрувальне свердло Magafor 8100-H; матеріал: HSS-E Кобальт; покриття: TiN 0811; форма А [8]

Геометричні параметри: $D = 20$; $d = 8$; $L = 80$; $l = 10,1$

Позиції: 19, 20.

Свердління та зенкування:

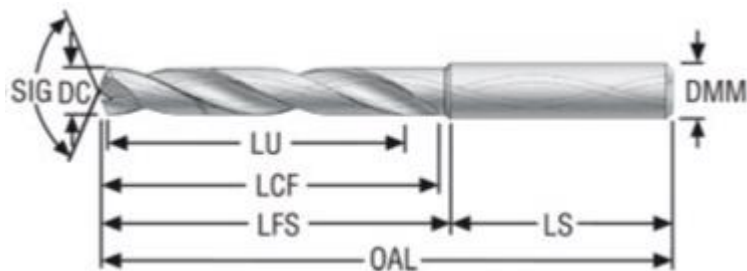


Рисунок 3.6 – Свердло SD205A-1020-056-12R1-P; тип покриття: TiAlN [9, с. 62]

Геометричні параметри: $DC = 10,2$; $OAL = 118$; $LU = 56$; $LCF = 71$;

$LFS = 73$; $LS = 45$; $DMM = 12$; $SIG = 140^\circ$

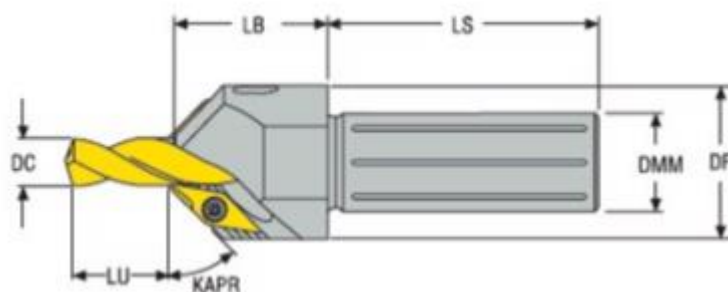


Рисунок 3.7 – Фасочний модуль для свердла SD200-C45-12R1 [9, с. 83]

Геометричні параметри: максимальний розмір фаски: 2,8;

$DC = 10,1 \dots 12$; $LU = 40 \dots 56$; $LB = 25$; $DF = 28$;

$LS = 46,5$; $DMM = 20$; $KAPR = 45^\circ$

					КНУ.КБР.131.25.1-21.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

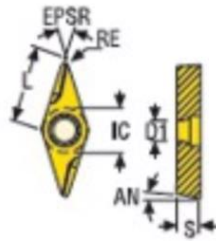


Рисунок 3.8 – Пластина SD200-C45; сплав: T400D; PVD покриття: Carbide [9, с. 83]

Геометричні параметри: $L = 9$; $EPSR = 45^\circ$; $RE = 0,2$; $IC = 5,556$; $D1 = 2,9$; $AN = 7^\circ$; $S = 2,5$

Позиція: 19.

Нарізання різьби:

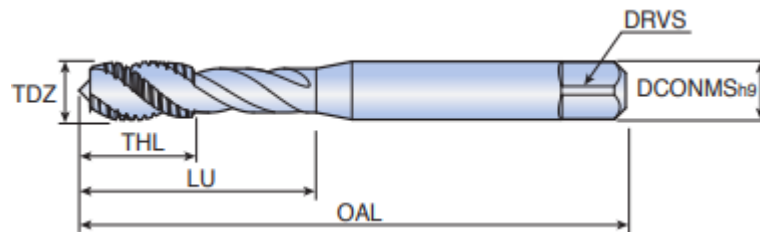


Рисунок 3.9 – Мітчик зі спіральною канавкою TRH654C10 M12x1,75; сплав: TT9030; тип покриття: TiN [10, с. 64]

Геометричні параметри: $TDZ = M12$; $OAL = 110$; $THL = 18$; $LU = 39$; $DCONMS = 9$; $DRVS = 7$

Позиція: 21.

Чорнове та чистове фрезерування шпонкового пазу:

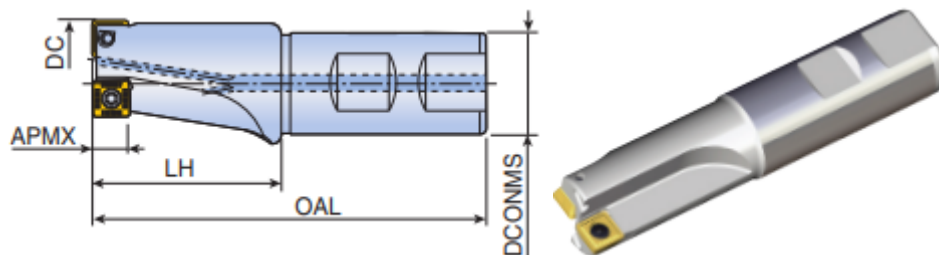


Рисунок 3.10 – Кінцева фреза TDM 112 W16-06 [11, с. 157]

Геометричні параметри: кількість ріжучих кромки – 2; $DC = 20$; $DCONMS = 25$; $OAL = 100$; $LH = 40$; $APMX = 5,6$

					КНУ.КБР.131.25.1-21.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

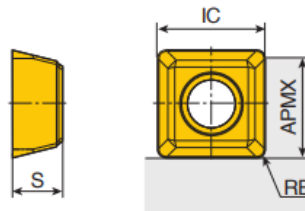


Рисунок 3.11 – Пластина ХОМТ 060204; PVD покриття: TT9030 [11, с. 295]
Геометричні параметри: IC = 6,16; S = 2,56; APMX = 5,6; RE = 0,4

Позиція: 22

Чорнове та чистове фрезерування прямобічних шліців:

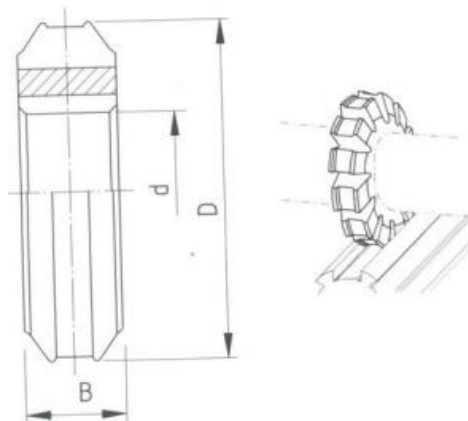


Рисунок 3.12 – Дискава фреза DIN 5463 A 976113 [12, с. 6]
Геометричні параметри: D = 70; B = 18; d = 27

3.3 Розрахунок на міцність конструктивних параметрів різального інструменту

З метою вибору оптимального інструменту для чорнової обробки обираються найбільш важкі умови роботи однієї з операцій, у нашому випадку – точіння. Враховуючи параметри різання, властивості матеріалу заготовки, характеристики верстата та режими різання, розраховуються сили, що діють на інструмент під час обробки. На завершення, обраний інструмент перевіряється на міцність в умовах максимального навантаження. Для спрощення та підвищення точності розрахунків були використані автоматизовані методи розрахунку.

Для розрахунку обираємо прохідний різець PCLNR2525 M1906D, так як він знімає найбільший припуск з найбільшою довжиною механічної обробки та працює у тяжких умовах.

Параметри різця: H = 25; HF = 25; B = 25; LF = 150; LH = 38; WF = 32; виліт різця – l = 65; допустима напруга різця – $\sigma_{и.д.} = 196$ МПа.

Режими різання: припуск на обробку (на сторону) – 3 мм; подача – 0,84.

Параметри заготовки: матеріал – сталь 45; межа міцності – 650 МПа; твердість – 170 НВ; діаметр заготовки – 120; довжина обробки – 359.

					КНУ.КБР.131.25.1-21.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Визначаємо швидкість різання за формулою (3.1):

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_v, \quad (3.1)$$

де $C_v = 420$ – постійний коефіцієнт,

$x = 0,15$ – показник ступеня при глибині різання,

$y = 0,2$ – показник ступеня при подачі,

$m = 0,2$ – показник ступеня при стійкості інструмента,

$T = 90$ хв. - період стійкості різця з твердого сплава,

K_v – поправочний коефіцієнт, що враховує умови різання, визначається за такою формулою (3.2):

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv} \cdot K_{tv} \cdot K_{uv} \cdot K_{rv}, \quad (3.2)$$

де $K_{mv} = 1$ – коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу деталі,

$K_{pv} = 0,85$ – коефіцієнт, що враховує стан поверхні,

$K_{iv} = 1,15$ – коефіцієнт, що враховує матеріал інструмента,

$K_{tv} = 1$ – коефіцієнт, що враховує стійкість інструмента,

$K_{uv} = 0,7$ – коефіцієнт, що враховує кут у плані різця,

$K_{rv} = 1$ – коефіцієнт, що враховує радіус при вершині різця,

$$K_v = 1 \cdot 0,85 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1 = 0,68.$$

За формулою (3.1) обчислюється швидкість різання:

$$V = \frac{420}{90^{0,2} \cdot 3^{0,15} \cdot 0,84^{0,2}} \cdot 0,68 = 102,61 \text{ м/хв.}$$

2. Визначаємо число обертів за формулою (3.3):

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (3.3)$$

де $D = 120$ – діаметр оброблюваної поверхні, мм;

$$n = \frac{1000 \cdot 102,61}{3,14 \cdot 120} = 272,18 \text{ об/хв}$$

Приймається число обертів шпинделя $n = 250$ об/мин.

3. Визначаємо фактичну швидкість різання за формулою (3.4):

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}, \quad (3.4)$$

					КНУ.КБР.131.25.1-21.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 120 \cdot 250}{1000} = 94,24 \text{ м/хв}$$

4. Розраховуємо силу різання P_z за формулою (3.5):

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot V_{\phi} \cdot K_p, \quad (3.5)$$

де $C_p = 300$ – постійний коефіцієнт,

$x = 1$ – показник степеня при глибині різання,

$y = 0,75$ – показник степеня при подачі,

$n = -0,15$ – показник степеня при швидкості різання,

K_p – поправочний коефіцієнт, що враховує умови різання, який визначається за формулою (3.6):

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{up} \cdot K_{ur} \cdot K_{lr} \cdot K_{rp}, \quad (3.6)$$

де $K_{mp} = 1$ – коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу деталі на силові залежності,

K_{up} , K_{ur} , K_{lr} , K_{rp} – коефіцієнти, що враховують вплив параметрів різальної частини інструменту на силу різання: $K_{up} = 0,89$; $K_{ur} = 1$; $K_{lr} = 1$; $K_{rp} = 1$,

$$K_p = 1 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,89.$$

За формулою (3.5) розраховуємо силу різання:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 3^1 \cdot 0,84^{0,75} \cdot 94,24^{-0,15} \cdot 0,89 = 3554 \text{ Н}$$

5. Розраховуємо потужність різання за формулою (3.7):

$$N = \frac{P_z \cdot V_{\phi}}{1020 \cdot 60}, \quad (3.7)$$

$$N = \frac{3553,86 \cdot 94,24}{1020 \cdot 60} = 5,47 \text{ кВт.}$$

6. Основний час переходу розраховується за формулою (3.8):

$$T_o = \frac{L}{n \cdot s} + \frac{L}{n \cdot s_y}, \quad (3.8)$$

де $s = 0,84$ мм/об – робоча подача інструмента;

$s_y = 3$ – пришвидшена подача відводу інструмента;

$n = 250$ об/хв – частота обертання шпинделя;

L – довжина шляху обробки, мм, визначається за формулою (3.9):

$$L = l + l_1 + l_2, \quad (3.9)$$

					КНУ.КБР.131.25.1-21.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $l = 359$ мм – довжина шляху різання;

$l_1 = 3$ мм – врізання;

$l_2 = 3$ мм – перебіг;

Тоді за формулою (3.9):

$$L = 359 + 3 + 3 = 365 \text{ мм.}$$

За формулою (3.8) розраховується основний технологічний час на 1 перехід 1 токарної операції:

$$T_o = \frac{365}{250 \cdot 0,84} + \frac{365}{250 \cdot 3} = 2,22 \text{ хв}$$

7. Перевірка на міцність і жорсткість державки різця:

а) максимальне навантаження, допустима міцність різця розраховується за формулою (3.10):

$$P_{z \text{ доп}} = \frac{bh^2\sigma_{и.д.}}{6l}, \quad (3.10)$$

$$P_{z \text{ доп}} = \frac{25 \cdot 10^{-3} \cdot (25 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 196 \cdot 10^6}{6 \cdot 65 \cdot 10^{-3}} = 7853 \text{ Н}$$

б) максимальне навантаження, допустима жорсткість різця розраховується за формулою (3.11):

$$P_{z \text{ жорст}} = \frac{3fEJ}{l^3}, \quad (3.11)$$

$$P_{z \text{ жорст}} = \frac{3 \cdot 0,1 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 3,25 \cdot 10^{-8}}{(65 \cdot 10^{-3})^3} = 7100 \text{ Н}$$

де $f = 0,1$ мм – допустима стріла прогину при чорновому точінні;

$E = 2 \cdot 10^{11}$ Па – модуль пружності матеріалу державки;

J – момент інерції прямокутного перетину державки, який розраховується за формулою (3.12):

$$J = \frac{bh^3}{12}, \quad (3.12)$$

$$J = \frac{25 \cdot 25^3}{12} = 32500 \text{ мм}^4$$

					КНУ.КБР.131.25.1-21.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перевірка різця на міцність і жорсткість виконується за умови:

$$P_{z \text{ доп}} > P_z < P_{z \text{ жорст}}$$

$$7853 > 3554 < 7100$$

Умова виконана. Різець володіє достатньою міцністю і жорсткістю.

3.4 Вибір типорозміру допоміжних інструментів

З урахуванням посадочних місць інструментів та типу шпинделя верстату обираємо допоміжні інструменти, які виконують роль у створенні робочих та допоміжних рухів.

Позиції: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18.

Операція токарна:

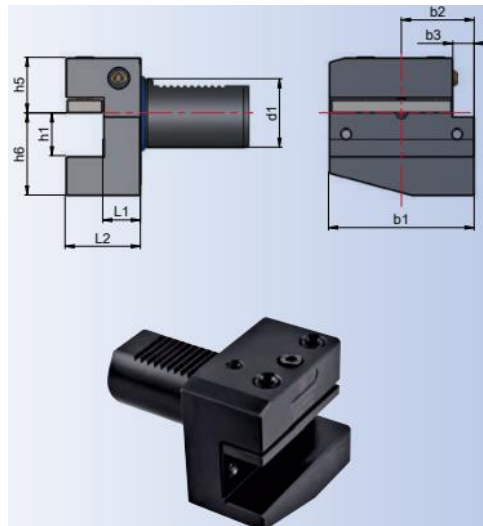


Рисунок 3.13 – Різцетримач правий радіальний, короткий
DIN 10889-3 509.31.32 B1 [13, с. 5.02]

Геометричні параметри: $d1 = 50$; $h1 = 32$; $L2 = 55$; $L1 = 30$; $h5 = 35$; $h6 = 60$; $b1 = 100$; $b2 = 50$; $b3 = 16$.

					КНУ.КБР.131.25.1-21.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Позиція: 17.

Операція свердлильна, центрування:

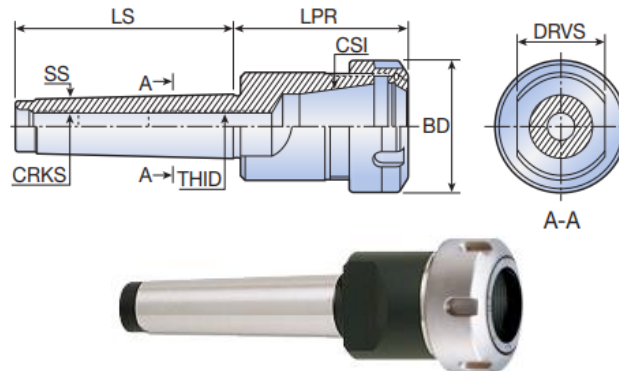


Рисунок 3.14 – Цанговий патрон із конусом Морзе MT3 ER 40x79
[14, с. 128]

Геометричні параметри: SS = 3; CSI = ER40; BD = 63; LPR = 79; LS = 81;
CRKS = M12; THID = M12; DRVS = 24

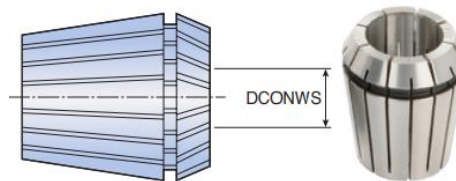


Рисунок 3.15 – Цанга ER 40 SPR 20-21 [14, с. 142]

Геометричні параметри: DCONWS = 20...21

Позиції: 19, 20.

Операція свердлильна:



Рисунок 3.16 – Цанговий патрон BT40ADB-HC20-090 [15, с. 163]

Геометричні параметри: DCBN-DCBX = 20; LPR = 90; LB = 63;
LB1 = 47,5; CBOP = 52,5; BD2 = 44,5; BD1 = 42; OAL = 155,4;
LFN = 39; LF = 49; TDZ = M16x1; BHTA = 20

					КНУ.КБР.131.25.1-21.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Позиція: 19.
Нарізання різьби:

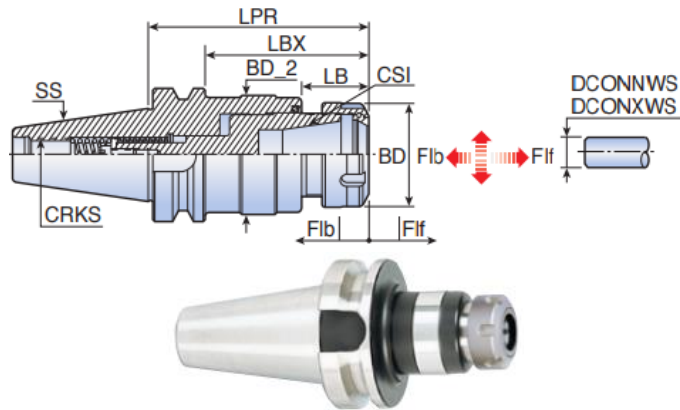


Рисунок 3.17 – Патрон для мітчиків GTI BT40 ER40 [14, с. 64]
Геометричні параметри: SS = 40; CSI = ER40; DCONNWS = 3;
DCONXWS = 26; BD = 63; BD2 = 56,5; LPR = 124,8;
LBX = 97,8; LB = 51; Flf = 9; Flb = 4; CRKS = M16

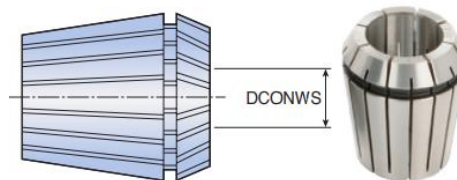


Рисунок 3.18 – Цанга ER 40 SPR 9-10 [14, с. 142]
Геометричні параметри: DCONWS = 9...10

Позиція: 21.
Операція фрезерна:

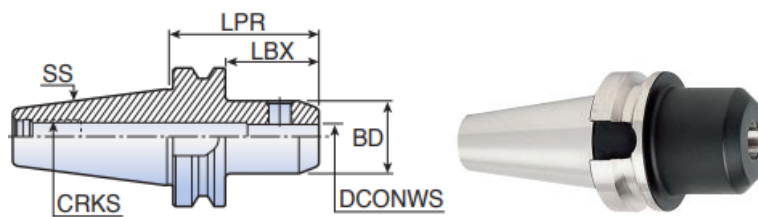


Рисунок 3.19 – Патрон для кінцевих фрез BT40 EM 25x105 [14, с. 67]
Геометричні параметри: SS = 40; DCONWS = 25; BD = 65; LPR = 105;
LBX = 78; CRKS = M16

					КНУ.КБР.131.25.1-21.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Позиція: 22.

Операція фрезерна:

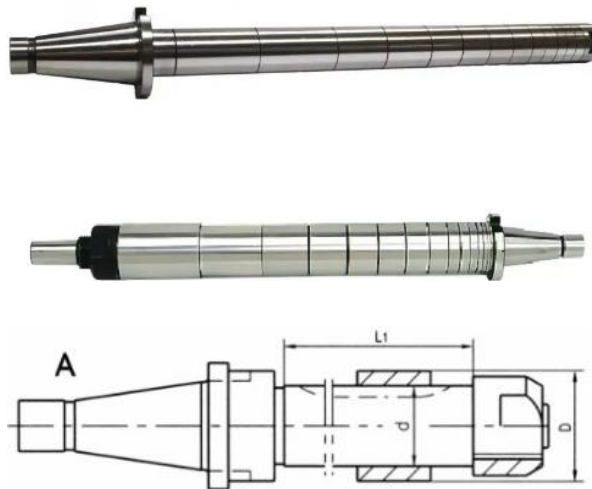


Рисунок 3.20 – Оправка для дискових фрез ISO40A-27-250 [16]
Геометричні параметри: $d = 27$; $D = 56$; $L1 = 250$

3.5 Компоновка інструментального комплексу та розробка інструментального налагодження на технологічну операцію деталі

Інструментальне налагодження полягає у створенні інструментального комплексу, що включає ріжучі та допоміжні інструменти, необхідні для обробки деталі. Налагодження комплексу будується за принципом послідовного з'єднання елементів, від ріжучого інструмента до шпинделя верстата, при цьому структура визначається конструкцією деталі та технологічною операцією, а його проектування — типом виробництва, точністю, продуктивністю та зручністю обслуговування.

Розробку інструментального налагодження проводимо на свердлильну операцію, яка виконається на горизонтальному токарно-фрезерному верстаті з обробним центром з ЧПК моделі 450AL[YSMC] серії Hi-TECH 450. Дані інструментального комплексу відповідно до кожної технологічної операції занесено в таблицю 3.2.

					КНУ.КБР.131.25.1-21.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.2 – Інструментального комплекс

№ п/з поверхні	Металоріз. верстат (тип, модель)	Параметри посадочного місця верстата під інстр.	Тип ріжучого інстр. (шифр)	Параметри посадочного місця ріжучого інстр.	Допоміжний інстр. (шифр)
1	2	3	4	5	6
1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18	Hi-TECH 550 BL/MC	Кількість позицій – 12; Розміри: □32 x Ø60	Для чорнової обробки різцем: Державка PCLNR3232 P1906D; Пластина CNMM190612 RH Для п/ч та чистої обробки різцем: Державка PTG NR3232 P22; Пластина TNMG220408 FG	h = 32; b = 32	Різцетримач правий радіальний, короткий DIN 10889- 3 509.31.32 B1
17	Hi-TECH 550 BL/MC	Кількість позицій – 12; Розміри: □32 x Ø60	Центрувальне свердло Magafor 8100-H	d = 20	Цанговий патрон із конусом Морзе MT3 ER 40x79; Цанга ER 40 SPR 20-21
19, 20	Hi-TECH 550 BL/MC	Кількість позицій – 12; Розміри: □32 x Ø60	Свердло SD205A-1020- 056-12R1-P; Фасонний модуль для свердла SD200- C45-12R1; Пластина C45 T400D	d = 20	Цанговий патрон BT40ADB- HC20-090
19	Hi-TECH 550 BL/MC	Кількість позицій – 12; Розміри: □32 x Ø60	Мітчик ТРН654C10 M12x1,75	d = 9	Патрон для мітчиків GTI BT40 ER40; Цанга ER 40 SPR 9-10

					КНУ.КБР.131.25.1-21.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5	6
21	Hi-TECH 550 BL/МС	Кількість позицій – 12; Розміри: □32 x Ø60	Кінцева фреза TDM 112 W16- 06; Пластина ХОМТ 060204	d = 25	Патрон для кінцевих фрез ВТ40 ЕМ 25x105
22	Hobber серії 200Н	Тип хвостовика: конус ISO40	Дискова фреза DIN 5463 А 976113	d = 27	Оправка для дискових фрез ISO40А-27- 250

					КНУ.КБР.131.25.1-21.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ПРОЕКТУВАННЯ ТА ІНЖЕНЕРНИЙ АНАЛІЗ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ

4.1 Розрахунок та проектування спеціального різального інструменту

На основі аналізу методу обробки поверхонь та обраного типу різального інструменту було проведено комплекс розрахунків спеціального інструмента – черв'ячної фрези для нарізання прямобічних шліців.

Вихідні дані:

Проведемо розрахунок основних конструктивних параметрів та режимів різання черв'ячної фрези на чорнову обробку для шліцевого валу з наступними параметрами:

$D = 72$ мм – зовнішній діаметр вала;

$d = 62$ мм – внутрішній діаметр вала;

$b = 12$ мм – ширина шліцу;

$n = 8$ – кількість шліців вала;

$C = 0,5$ мм – фаску на зовнішньому діаметрі;

$IT_D = 0,03$ мм – допуск на зовнішній діаметр вала;

$IT_d = 0,19$ мм – допуск на внутрішній діаметр вала;

$IT_b = 0,043$ мм – допуск на ширину шліцу.

Допуски задані в системі вала. Отже, для всіх розмірів $es = 0$.

Верстат – Hobber 200Н; потужність двигуна – 15 кВт; найбільший діаметр обробки – 200 мм; максимальна довжина між центрами – 1500 мм; максимальна швидкість обертів шпинделя – 3000 об/хв; внутрішній конус шпинделя – ISO 40.

1. Розрахунковий зовнішній діаметр вала

$$D_{\text{роз}} = D - 2C \quad (4.1)$$

$$D_{\text{роз}} = (72 + 0,03) - 2 \cdot 1 = 70,03 \text{ мм}$$

звідки маємо

$$R_{\text{роз}} = \frac{D_{\text{роз}}}{2} = \frac{70,03}{2} = 35,015 \quad (4.2)$$

2. Внутрішній розрахунковий діаметр з урахуванням допуску

$$d_{\text{роз}} = d + 0.25 IT_d \quad (4.3)$$

$$d_{\text{роз}} = (62 - 0,19) + 0,25 \cdot 0,19 = 61,86 \text{ мм}$$

					КНУ.КБР.131.25.1-21.04.ПІАРІ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Проектування та інженерний аналіз різального інструменту Літ. Арк. Аркушів Кафедра ТМ, гр. ПМ-21		
Розроб.		Хмеленко					
Перевір.		Рязанцев					
Реценз.							
Н. Контр.		Нечасів					
Зав. каф.		Рязанцев					

3. Розрахункова ширина шліцу з урахуванням допуску

$$b_{\text{роз}} = b + 0,25 IT_b \quad (4.4)$$

$$b_{\text{роз}} = (12 - 0,043) + 0,25 \cdot 0,043 = 11,97 \text{ мм}$$

4. Радіус початкового кола

$$R_{\text{поч}} = \sqrt{R_{\text{роз}}^2 - 0,75 \frac{b_{\text{роз}}^2}{4}} \quad (4.5)$$

$$R_{\text{поч}} = \sqrt{35,015^2 - 0,75 \frac{11,97^2}{4}} = 34,63 \text{ мм}$$

5. Кут шліца

$$\sin \gamma = \frac{b_{\text{роз}}}{2R_{\text{поч}}} \quad (4.6)$$

$$\sin \gamma = \frac{11,97}{2 \cdot 34,63} = 0,17283,$$

звідки маємо $\gamma = 9,95^\circ = 9^\circ 57' 8''$.

6. Координати точок А профілю зуба фрези

$$k_{xA} = 1,4484 \cdot 10^{-4} \cdot \gamma^2 - 9,98 \cdot 10^{-4} \cdot \gamma + 2,3004 \cdot 10^{-2} \quad (4.7)$$

$$k_{xA} = 1,4484 \cdot 10^{-4} \cdot 9,95^2 - 9,98 \cdot 10^{-4} \cdot 9,95 + 2,3004 \cdot 10^{-2} = 0,02741$$

$$k_{yA} = 1,9339 \cdot 10^{-4} \cdot \gamma^2 - 2,515 \cdot 10^{-3} \cdot \gamma + 9,2117 \cdot 10^{-2} \quad (4.8)$$

$$k_{yA} = 1,9339 \cdot 10^{-4} \cdot 9,95^2 - 2,515 \cdot 10^{-3} \cdot 9,95 + 9,2117 \cdot 10^{-2} = 0,08624$$

Таким чином маємо координати точки А

$$X_A = k_{xA} R_{\text{поч}} \quad (4.9)$$

$$X_A = 0,02741 \cdot 34,63 = 0,949 \text{ мм},$$

$$Y_A = k_{yA} R_{\text{поч}} \quad (4.10)$$

$$Y_A = 0,08624 \cdot 34,63 = 2,986 \text{ мм}$$

					КНУ.КБР.131.25.1-21.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7. Координати точки В профілю зуба фрези

$$X_B = k_{xB} R_{\text{поч}}, \quad (4.11)$$

$$Y_B = k_{yB} R_{\text{поч}} \quad (4.12)$$

Коефіцієнти k_{xB} та k_{yB} для точки В

$$k_{xB} = 7,3592 \cdot 10^{-5} \gamma^2 - 1,2 \cdot 10^{-3} \gamma + 6,6384 \cdot 10^{-2} \quad (4.13)$$

$$k_{xB} = 7,3592 \cdot 10^{-5} \cdot 9,95^2 - 1,2 \cdot 10^{-3} \cdot 9,95 + 6,6384 \cdot 10^{-2} = 0,06173$$

$$k_{yB} = 10^{-2} \cdot (2,2498 \cdot 10 - 3,2505 \ln \gamma) \quad (4.14)$$

$$k_{yB} = 10^{-2} \cdot (2,2498 \cdot 10 - 3,2505 \ln 9,95) = 0,1925$$

Таким чином координати точки В

$$X_B = 0,06173 \cdot 34,63 = 2,1377 \text{ мм},$$

$$Y_B = 0,1925 \cdot 34,63 = 6,6663 \text{ мм}$$

8. Координати центра кола, яке описує профіль різальної кромки зуба фрези

$$X_0 = k_{x0} R_{\text{поч}}, \quad (4.15)$$

$$Y_0 = k_{y0} R_{\text{поч}} \quad (4.16)$$

Коефіцієнти k_{x0} та k_{y0} кола

$$k_{x0} = 3,9502 \cdot 10^{-4} \gamma^2 - 4951 \cdot 10^{-3} \gamma + 0,54997 \quad (4.17)$$

$$k_{x0} = 3,9502 \cdot 10^{-4} \cdot 9,95^2 - 4,951 \cdot 10^{-3} \cdot 9,95 + 0,54997 = 0,5398$$

$$k_{y0} = 6,6458 \cdot 10^{-2} e^{(6,6628 \cdot 10^{-2} \gamma)} \quad (4.18)$$

$$k_{y0} = 6,6458 \cdot 10^{-2} e^{(6,6628 \cdot 10^{-2} \cdot 9,95)} = 0,1289$$

Таким чином координати центру кола

$$X_0 = 0,5398 \cdot 34,63 = 18,693 \text{ мм},$$

$$Y_0 = 0,1289 \cdot 34,63 = 4,464 \text{ мм}$$

					КНУ.КБР.131.25.1-21.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9. Радіус кола, що замінює профіль зуба фрези

$$r_0 = k_r R_{\text{поч}} \quad (4.19)$$

Коефіцієнт k_r радіуса заміною чого кола

$$k_r = 5,2256 \cdot 10^{-4} \gamma^2 - 5,635 \cdot 10^{-3} \gamma + 0,55839 \quad (4.20)$$

$$k_r = 5,2256 \cdot 10^{-4} \cdot 9,95^2 - 5,635 \cdot 10^{-3} \cdot 9,95 + 0,55839 = 0,55406$$

Радіус кола, що замінює профіль різальної кромки зуба фрези

$$r_0 = 0,55406 \cdot 34,63 = 19,187 \text{ мм}$$

10. Крок витків зубців по нормалі (нормальний крок)

$$t_n = \frac{2\pi R_{\text{поч}}}{n} \quad (4.21)$$

$$t_n = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 34,63}{8} = 27,622 \text{ мм}$$

11. Товщина зуба фрези за початковою прямою

$$b_n = 2R_{\text{поч}} \left(\frac{\pi}{n} - \frac{\gamma\pi}{180} \right) \quad (4.22)$$

$$b_n = 2 \cdot 34,63 \cdot \left(\frac{3,14}{8} - \frac{9,95 \cdot 3,14}{180} \right) = 15,163 \text{ мм}$$

12. Висота профілю зуба фрези

$$h_1 = R_{\text{поч}} \sin \alpha (\sin \alpha - \sin \gamma) \quad (4.23)$$

$$\cos \alpha = \frac{d_{\text{роз}} \cos \mu}{2R_{\text{поч}}} \quad (4.24)$$

$$\sin \mu = \frac{b_{\text{роз}}}{2R_{\text{поч}}} \quad (4.25)$$

Отже, послідовно маємо

$$\sin \mu = \frac{b_{\text{роз}}}{d_{\text{роз}}} = \frac{11,97}{61,86} = 0,1935$$

звідки $\mu = 11,16^\circ = 11^\circ 9' 25''$

					КНУ.КБР.131.25.1-21.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\cos\alpha = \frac{d_{\text{роз}} \cos\mu}{2R_{\text{поч}}} = \frac{61,86 \cdot \cos 11,16^\circ}{2 \cdot 34,63} = 0,8763$$

звідки $\alpha = 28,8^\circ = 28^\circ 48' 2''$

Отже, висота профілю зуба фрези дорівнює

$$h_1 = 34,63 \cdot \sin 28,8^\circ \cdot (\sin 28,8^\circ - \sin 9,95^\circ) = 5,1545 \text{ мм}$$

13. Зовнішній діаметр D_e фрези залежить від кроку t_n по нормалі

$$D_e = 3,7 t_n \quad (4.26)$$

$$D_e = 3,7 \cdot 27,185 = 100,5845 \text{ мм}$$

Виходячи зі стандартного ряду черв'ячних фрез приймаємо $D_e = 112 \text{ мм}$

14. Кількість зубців фрези

$$z = 0,13 D_e + 2 \quad (4.27)$$

$$z = 0,13 \cdot 112 + 2 = 16,56$$

Приймаємо кількість зубців зі стандартного ряду $z = 12$.

15. Задній кут на вершині зуба для черв'ячного інструмента приймають у межах $9 \dots 11^\circ$. Приймаємо $\alpha_v = 9^\circ$.

16. Величина затилування шліфованої частини зуба

$$K = \frac{\pi D_e}{12} \text{tg} 9^\circ \quad (4.28)$$

$$K = \frac{3,14 \cdot 112}{12} \text{tg} 9^\circ = 4,64 \text{ мм}$$

Отриманий результат необхідно округлити до 0,5. Отже приймаємо $K = 4,5 \text{ мм}$.

17. Величина другого затилування

$$K_1 = (1,15 \dots 1,35)K \quad (4.29)$$

$$K_1 = 1,2K = 1,2 \cdot 4,5 = 5,4 \text{ мм}$$

Приймаємо $K_1 = 5 \text{ мм}$.

					КНУ.КБР.131.25.1-21.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

18. Середній розрахунковий діаметр фрези

$$D_t = D_e - 2h_1 \quad (4.30)$$

$$D_t = 112 - 2 \cdot 5,1545 = 101,691 \text{ мм}$$

19. Кут нахилу стружкових канавок

$$\sin \omega = \frac{t_n h_1}{\pi D_t} \quad (4.31)$$

$$\sin \omega = \frac{27,622 \cdot 5,1545}{3,14 \cdot 101,691} = 0,4459$$

звідки $\omega = 26,48^\circ = 26^\circ 28' 49''$.

За стандартним рядом черв'ячних фрез округлюємо отримане число $\omega = 30^\circ$

20. Крок гвинтової стружкової канавки

$$S_k = \frac{\pi D_t}{2 \operatorname{tg} \omega} \cdot 10^{-1} \quad (4.32)$$

$$S_k = \frac{3,14 \cdot 101,691}{2 \operatorname{tg} 30^\circ} \cdot 10^{-1} = 27,622 \text{ мм}$$

21. Крок витків по осі інструмента

$$t_{oc} = \frac{t_n}{\cos \omega} \quad (4.33)$$

$$t_{oc} = \frac{27,622}{\cos 30^\circ} = 31,895 \text{ мм}$$

22. Довжина робочої частини фрези

$$L \approx 2,5 t_{oc} \quad (4.34)$$

$$L \approx 2,5 \cdot 31,895 \approx 79,73 \text{ мм}$$

Приймаємо загальну довжину фрези $L = 80 \text{ мм}$

23. Глибина стружкової канавки

$$H_k = h_1 + 5,5 \quad (4.35)$$

$$H_k = 5,1545 + 5,5 = 10,6545 \text{ мм}$$

					КНУ.КБР.131.25.1-21.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

24. Діаметр по буртикам

$$d_1 = D_e - 2H_k \quad (4.36)$$

$$d_1 = 112 - 2 \cdot 10,6545 = 90,69 \text{ мм}$$

Приймаємо діаметр по буртикам $d_1 = 60 \text{ мм}$

25. Швидкість різання

$$v_p = \frac{C_v \cdot u^{q_v}}{T^\mu \cdot s^{y_v} \cdot h^{x_v}} \cdot K_v \quad (4.37)$$

$$v_p = \frac{780 \cdot 8^{0,37}}{600^{0,4} \cdot 0,3^{0,5} \cdot 5^{1,28}} \cdot 1 = 30,32 \text{ м/хв}$$

$$K_v = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 0,9 \cdot 1 = 1$$

26. Частота обертів фрези

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} \quad (4.38)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 30,32}{3,14 \cdot 112} = 86,2 \text{ об/хв}$$

27. Необхідна потужність

$$N = 10^{-5} \cdot C_N \cdot s^{y_N} \cdot d^{u_N} \cdot v_p \cdot K_N \quad (4.39)$$

$$N = 10^{-5} \cdot 42 \cdot 0,3^{0,65} \cdot 62^{1,1} \cdot 30,32 \cdot 1 = 0,55 \text{ кВт}$$

28. Сила різання

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot B \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp} \quad (4.40)$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 5^{0,86} \cdot 0,3^{0,72} \cdot 15,163 \cdot 12}{112^{0,86} \cdot 25,6^0} \cdot 0,94 = 3382,1 \text{ Н}$$

29. Крутний момент

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{200} \quad (4.41)$$

$$M_{кр} = \frac{3382,1 \cdot 112}{200} = 1894 \text{ Н·м}$$

					КНУ.КБР.131.25.1-21.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2 Інженерний аналіз спеціального різального інструменту

Розрахувавши параметри різання виконаємо розрахунок на жорсткість за допомогою програмного забезпечення SolidWorks Simulation.

Використовуючи CAD-систему КОМПАС-3D та її конфігуратор "Вали та механічні передачі 3D" було автоматично створено модель спеціального ріжучого інструменту – черв'ячну фрезу, яка у подальшому була імпортована в програмне забезпечення SolidWorks задля її статичного аналізу.

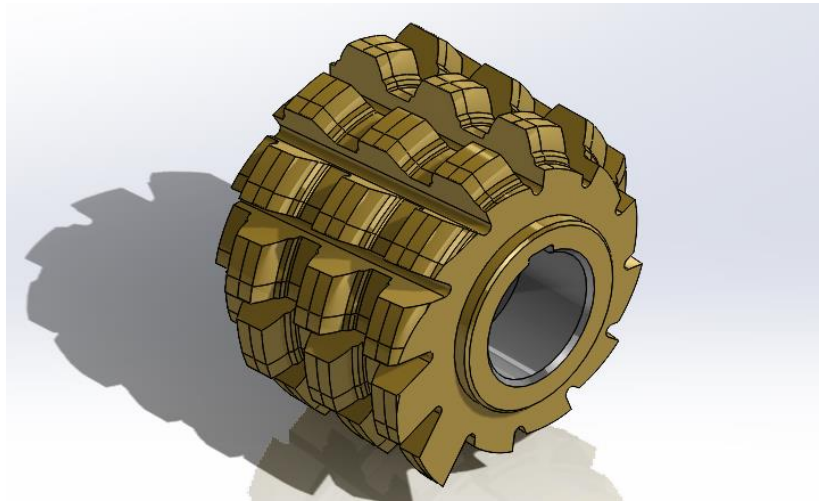


Рисунок 4.1 – Імпортована модель черв'ячної фрези

Імпортувавши інструмент відкриваємо доповнення SolidWorks Simulation та створюємо новий аналіз – «Статичний аналіз». Додаємо до кожної ріжучої кромки інструменту розраховану силу різання, а до осі оберту інструмента – крутний момент.

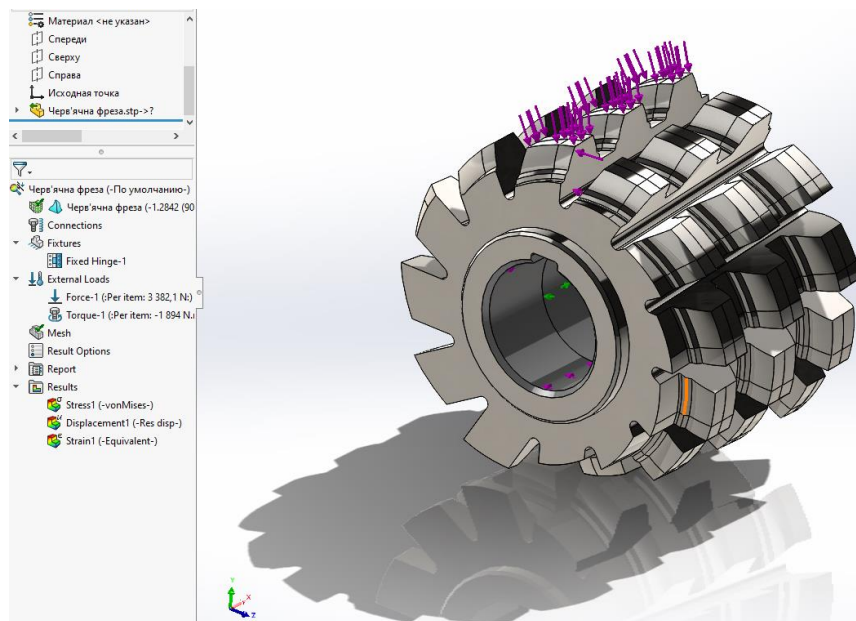


Рисунок 4.2 – Статичний аналіз інструменту

					КНУ.КБР.131.25.1-21.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Задля точності результатів створюємо мілку сітку та запускаємо це дослідження.

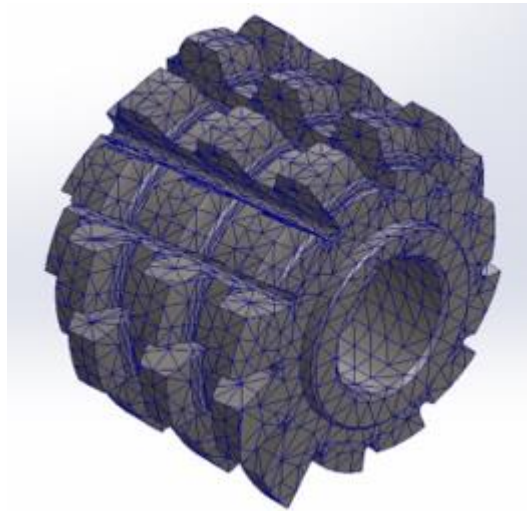


Рисунок 4.3 – Створення сітки моделі

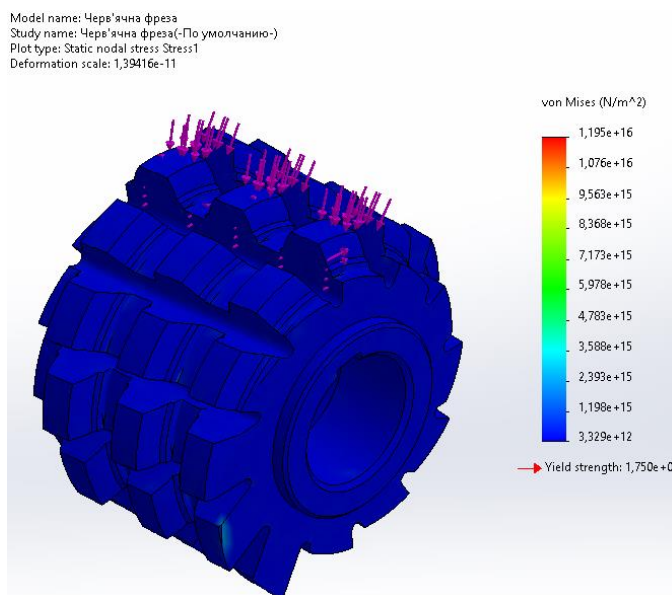


Рисунок 4.4 – Симуляція напруги черв'ячної фрези

Проведено чисельне моделювання процесу «Напруження» для визначення розподілу механічних напружень на ріжучих частинах інструменту, їх величини та впливу на геометрію черв'ячної фрези. Результати вимірювань, що включають екстремальні значення тиску, наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Результати вимірювань симуляції «Напруження»

Ім'я	Тип	Мін	Макс
Напруження1	VON: Напруження Von Mises	3,329e+12N/m ² Вузол: 8157	1,195e+16N/m ² Вузол: 31209

					КНУ.КБР.131.25.1-21.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Model name: Черв'ячна фреза
 Study name: Черв'ячна фреза (-По умовчаниню-)
 Plot type: Static displacement Displacement1
 Deformation scale: 1,39416e-11

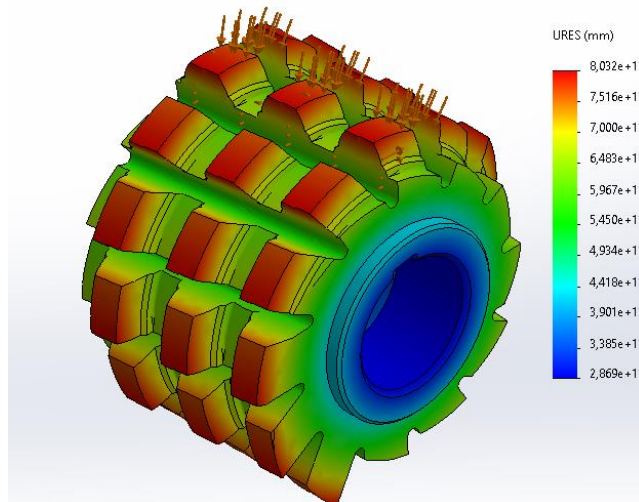


Рисунок 4.5 – Симуляція переміщення черв'ячної фрези

Проведено чисельне моделювання процесу «Переміщення» для визначення величини та характеру переміщення ріжучої кромки відносно осі обертання. Результати вимірювань, включаючи максимальні та мінімальні значення переміщення, представлені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Результати вимірювань симуляції «Переміщення»

Ім'я	Тип	Мін	Макс
Переміщення1	URES: Результат переміщення	2,869e+11mm Вузол: 240	8,032e+11mm Вузол: 753

Model name: Черв'ячна фреза
 Study name: Черв'ячна фреза (-По умовчаниню-)
 Plot type: Static strain Strain1
 Deformation scale: 1,39416e-11

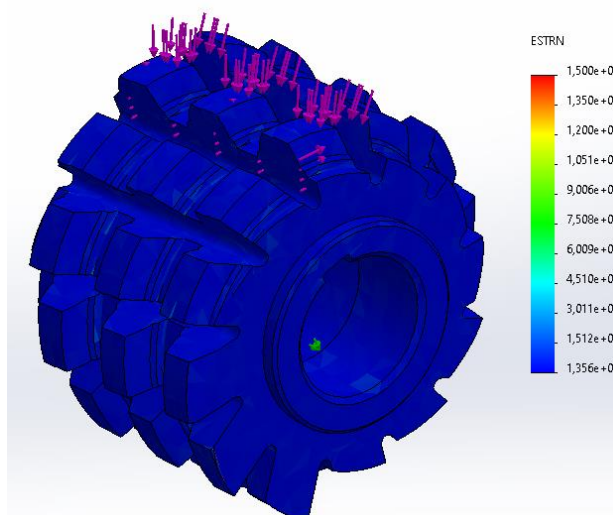


Рисунок 4.6 – Симуляція деформації черв'ячної фрези

					КНУ.КБР.131.25.1-21.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Проведено чисельне моделювання процесу «Деформація» для визначення величини та характеру деформації ріжучої частини інструменту в зонах концентрації напружень, що виникають в процесі різання. Результати моделювання, включаючи максимальні та мінімальні значення деформації, представлені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Результати вимірювань симуляції «Деформація»

Ім'я	Тип	Мін	Макс
Деформація1	ESTRN: Еквівалентна деформація	1,356e+01 Елемент: 7360	1,500e+04 Елемент: 16179

Дані симуляції підтвердили надійність черв'ячної фрези, оскільки ріжуча кромка, тобто вразливе місце інструменту, не зазнає особливо небезпечних умов для різання, які можуть призвести до пошкодження заготовки та самого інструменту у процесі експлуатації.

					КНУ.КБР.131.25.1-21.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

5.1 Робота з проміжними файлами, вибір системи ЧПК, постпроцесора

Вихідні дані:

Деталь – вал. Заготовка – прокат. Матеріал – сталь 45 (ДСТУ 7809:2015).

Базова поверхня – торці оброблені остаточно.

Технологічне устаткування – верстат моделі Hi-TECH серії 550BL/МС.

Постпроцесор верстата – Fanuc Oi-TD.

Пристосування - трикулачковий патрон, рухомий люнет та задній центр.

Таблиця 5.1 – Відомості інструментального комплексу на токарну операцію

№	Різальний інструмент	Каталог інстр. і його основні параметри	Допоміжний інструмент	Вимірювальний інструмент
1	Різець прохідний	Каталог TaeguTec Державка: PCLNR3232 P1906D Пластина: CNMM190612 RH	Різцетримач правий радіальний, короткий DIN 10889-3 509.31.32 B1	Штангенциркуль ШЦ 1-125-0,1 ДСТУ 16689
2	Різець прохідний	Каталог TaeguTec Державка: PTGNR3232 P22 Пластина: TNMG220408 FG	Різцетримач правий радіальний, короткий DIN 10889-3 509.31.32 B1	Штангенциркуль ШЦ 1-125-0,1 ДСТУ 16689

Таблиця 5.2 – Кодування технологічної інформації

Позиція Різцетримача	№ позиції інструмента	Частота обертів шпинделя $u \text{ хв}^{-1}$	Подача мм/об S
1	T1	103	0,84
2	T2	162	0,329

					КНУ.КБР.131.25.1-21.05.МПМО						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Моделювання та програмування операцій механічної обробки				Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.	Хмеленко										
Перевір.	Рязанцев										
Реценз.									Кафедра ТМ, гр. ПМ-21		
Н. Контр.	Нечаєв										
Зав. каф.	Рязанцев										

5.2 Моделювання обробки та перевірка керуючих програм

Під час семестру у рамках роботи над науковим проектом в програмі FeatureCAM був розроблений технологічний процес обробки деталі "Вал", що включав розрахунки заготовки та створення 3D-моделі. Задля більшої ефективності роботи деталь була розроблена у CAD системі SolidWorks, після чого модель була успішно імпортована у програму FeatureCAM (рис. 5.1).

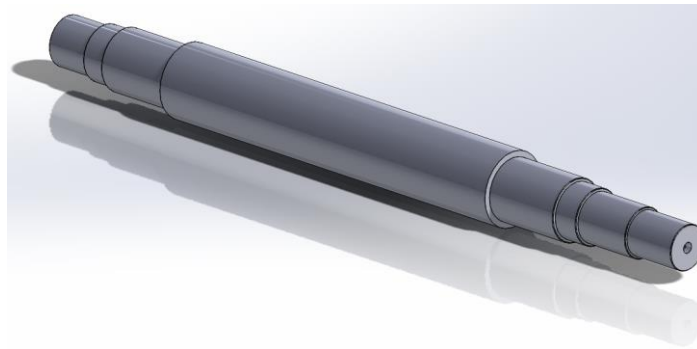


Рисунок 5.1 – Модель деталі «Вал»

Після імпортування деталі у програму задаємо основні геометричні параметри заготовки, його положення та тип.

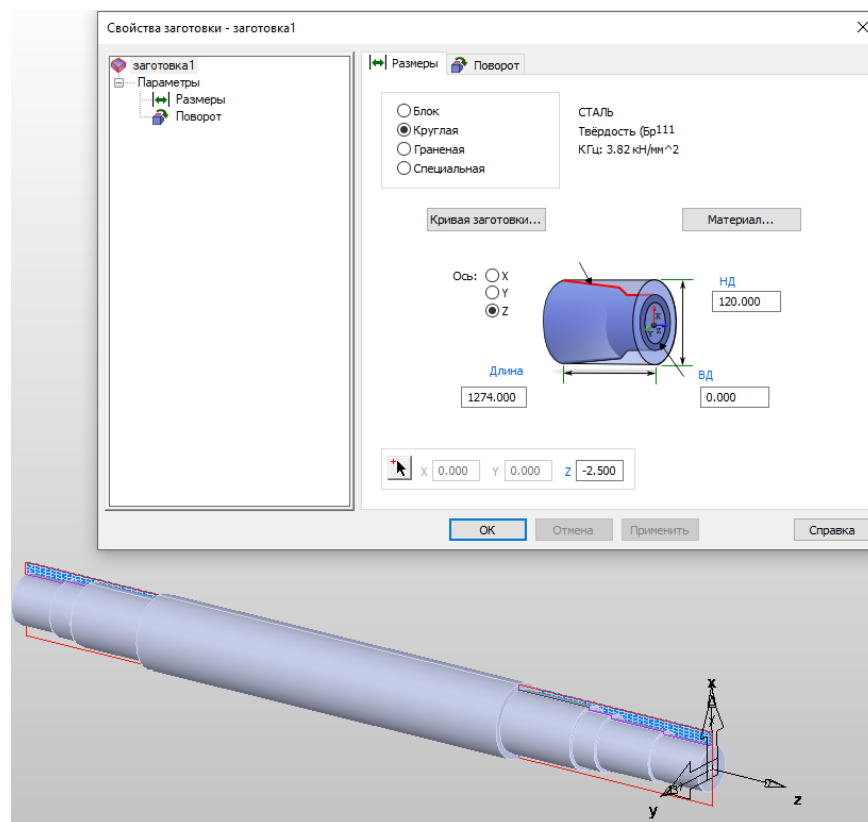


Рисунок 5.2 – Загальний вигляд імпортування деталі та обраних параметрів заготовки

					КНУ.КБР.131.25.1-21.05.МПМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після створення заготовки будуюмо контур деталі за допомогою методу створення кривої з поверхні обертання.

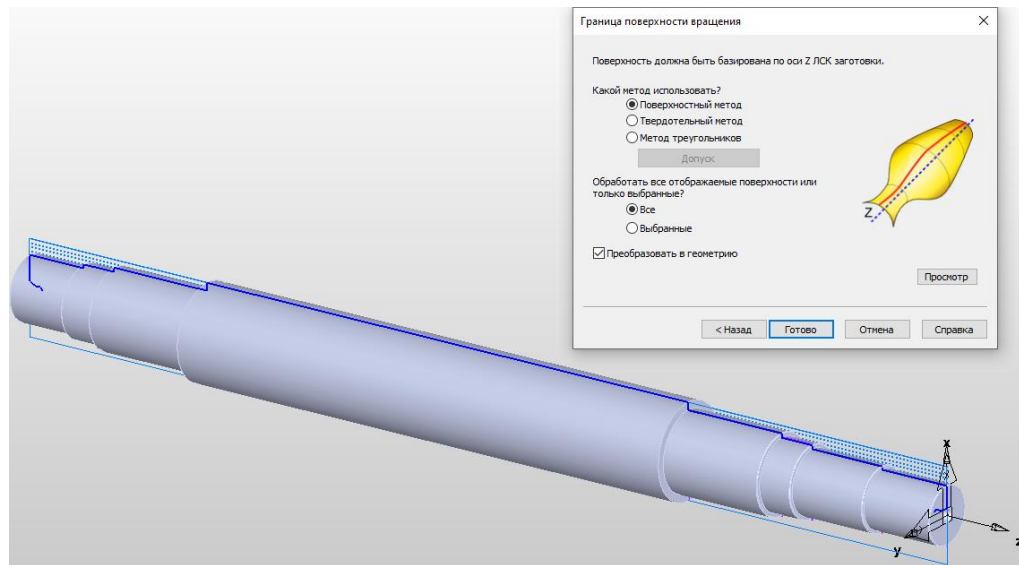


Рисунок 5.3 – Створення контуру деталі

Токарна операція на деталь передбачає три установи:

- Установ 1 – підготовка чорнової бази. На оброблюваній поверхні необхідно зняти мінімальний рівномірний припуск, тому даний установ робимо під чорнову базу.
 - Установ 2 – точіння начисто.
 - Установ 3 – чорнову базу точимо начисто.
- Розберемо обробку кожного з установів.

Установ 1:

Початком роботи є визначення положення 1-го установу та створення контуру чорнового проходу за допомогою кнопки «Геометрія», створення незамкнутої кривої (рис. 5.4). Через кнопку «Елементи» обираємо метод створення операції «Від кривої – точіння», стратегію обробки та параметри інструменту T1 (рис. 5.5).

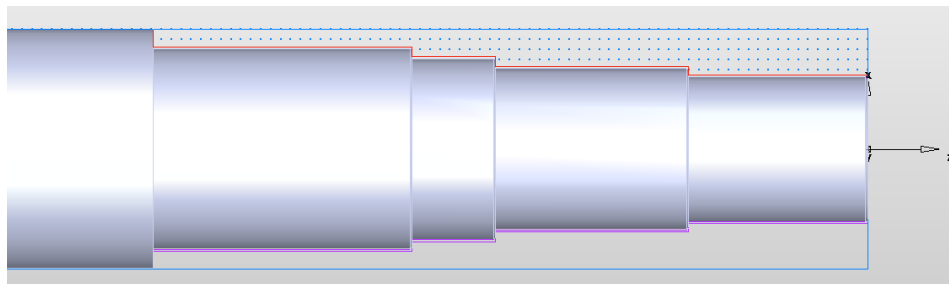


Рисунок 5.4 – Крива чорнового проходу

					КНУ.КБР.131.25.1-21.05.МПМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

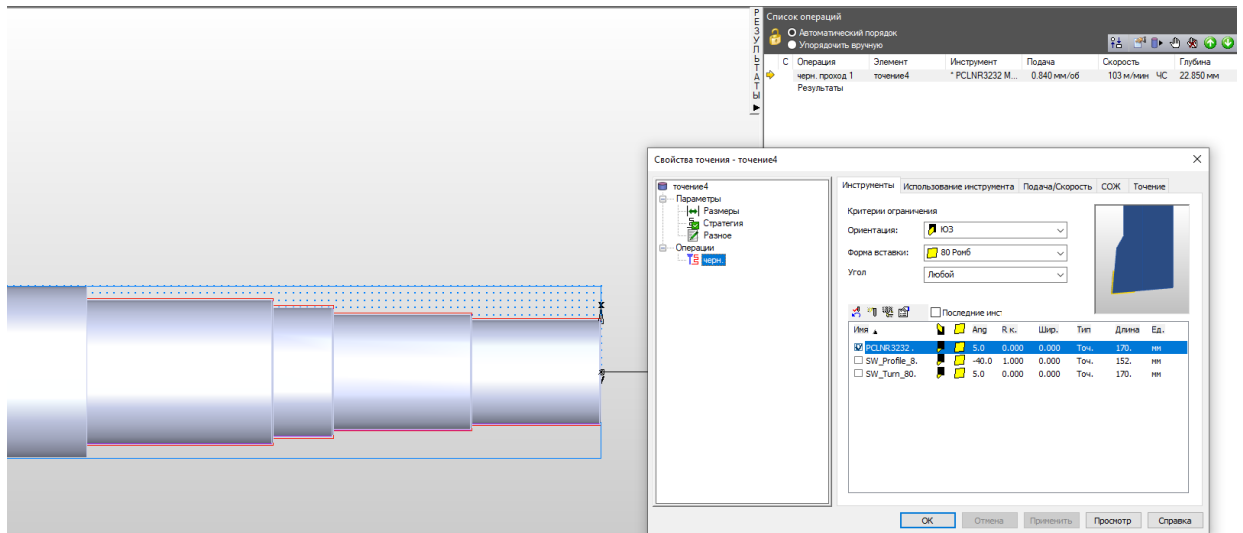


Рисунок 5.5 – Вибір параметрів інструменту T1

FeatureCAM дає можливість візуалізувати траєкторії руху інструмента (рис. 5.6), створити 2D та 3D симуляції (рис. 5.7). Завдяки цій функції перевіряється коректність написаного коду керуючої програми.

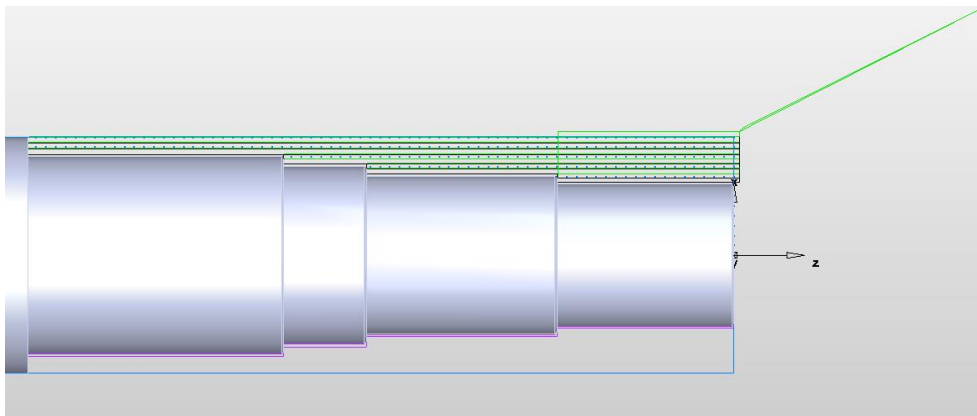


Рисунок 5.6 – Траєкторія руху інструмента

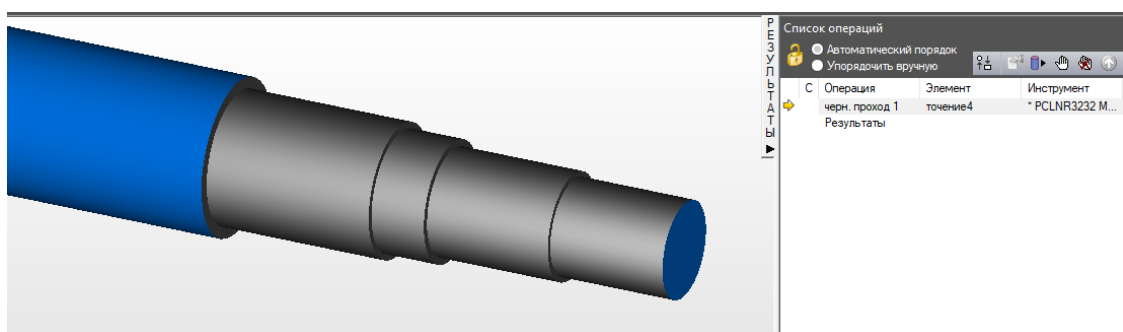


Рисунок 5.7 – Результат 3D симуляції обробки

					КНУ.КБР.131.25.1-21.05.МПМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Установ 2:

Задля подальшої токарної обробки необхідно перевернути заготовку, тобто створити 2-й установ. На основі створеного контуру поверхні валу будемо незамкнуту криву за допомогою кнопки «Крива» (рис. 5.8). «Елементи» обираємо метод створення операції «Від кривої – точіння», стратегію обробки та параметри інструментів T1 та T2 (рис. 5.9).

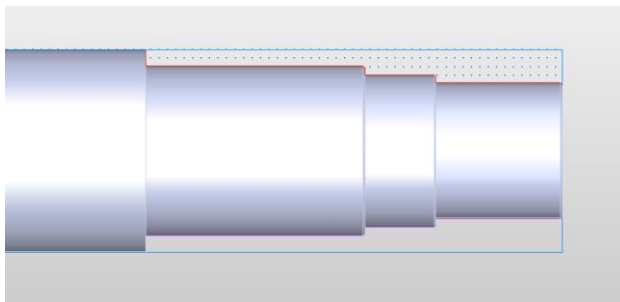


Рисунок 5.8 – Крива деталі

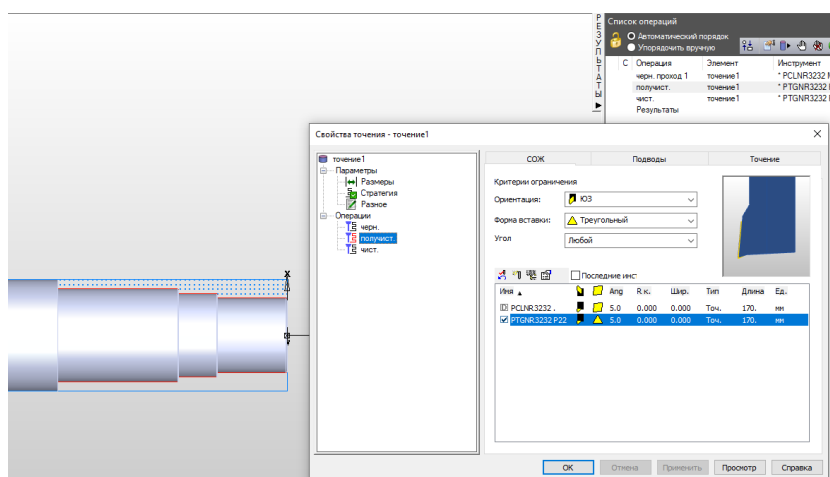


Рисунок 5.9 – Вибір параметрів інструменту T2

Візуалізуємо траєкторію руху інструментів (рис. 5.10) та створимо 3D симуляцію (рис. 5.11) для перевірки коректності написаного коду.

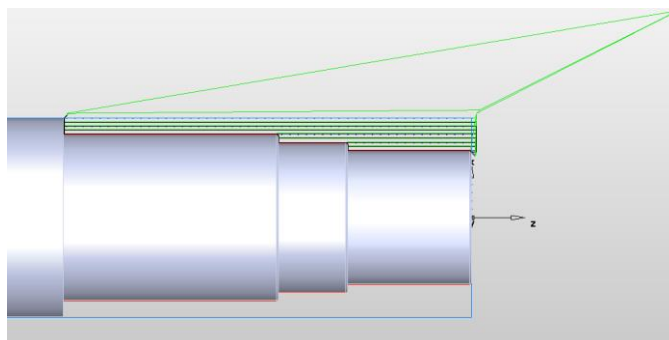


Рисунок 5.10 – Траєкторія руху інструментів

					КНУ.КБР.131.25.1-21.05.МПМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

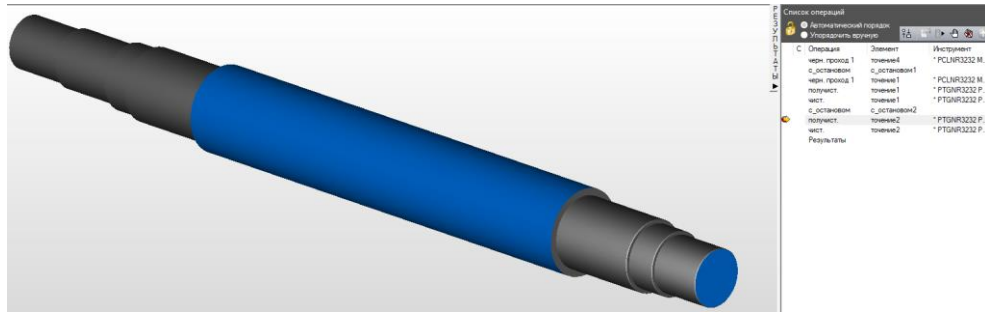


Рисунок 5.11 – Результат 3D симуляції обробки

Установ 3:

Останній установ передбачає точіння начисто чорнової бази. Для цього створюємо 3-й установ, на створеному контурі поверхні валу будуємо незамкнуту криву (рис. 5.12), обираємо метод побудови операції «Від кривої – точіння», обираємо стратегію обробки та параметри інструментів T1 та T2.

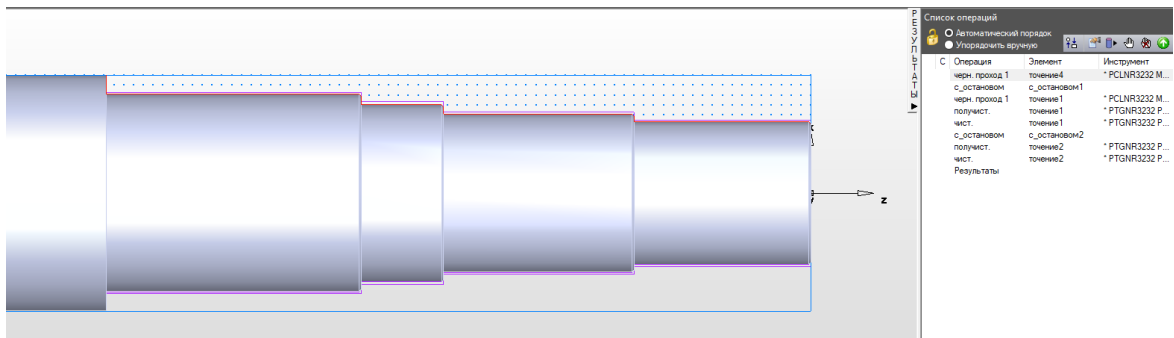


Рисунок 5.12 – Крива деталі

Візуалізуємо траєкторію руху інструментів (рис. 5.13) та створимо 3D симуляцію (рис. 5.14) для перевірки коректності написаного коду.

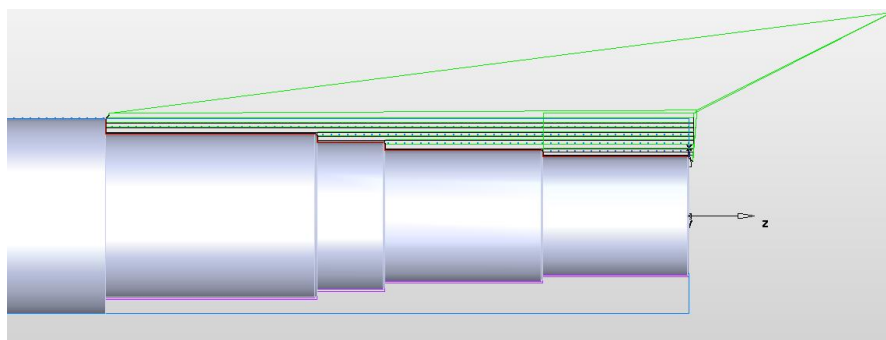


Рисунок 5.13 – Траєкторія руху інструментів

					КНУ.КБР.131.25.1-21.05.МПМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

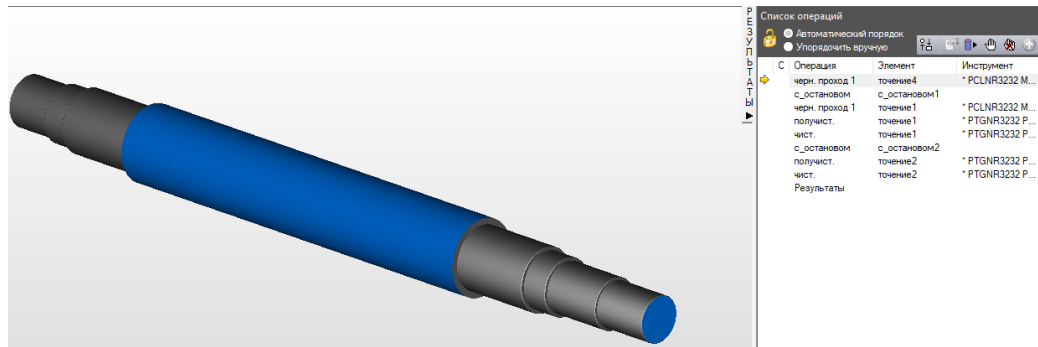


Рисунок 5.14 – Результат 3D симуляції обробки

FeatureCAM забезпечує автоматичну генерацію керуючої програми, код якої можна переглянути в додатку А. Фрагмент керуючої програми представлений на рис. 5.15.

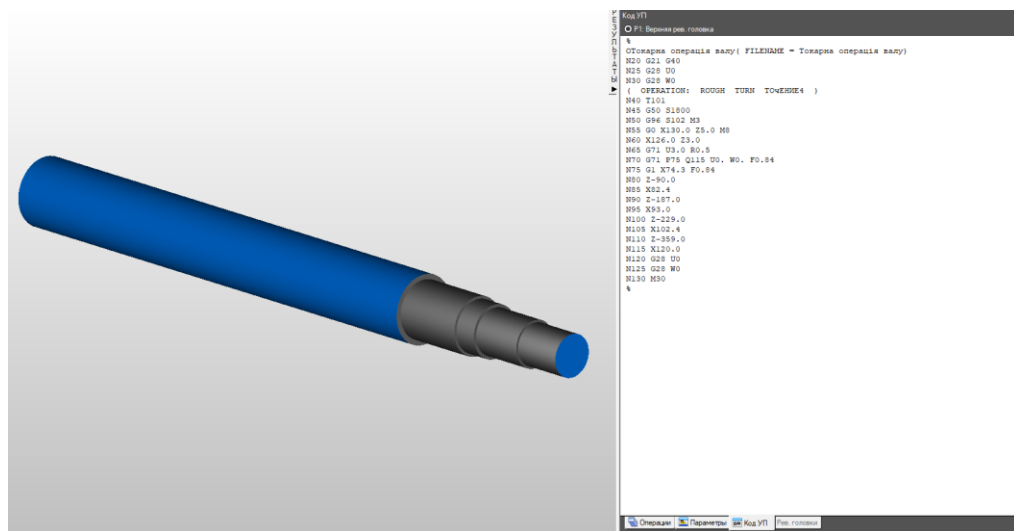


Рисунок 5.15 – Фрагмент керуючої програми

					КНУ.КБР.131.25.1-21.05.МПМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

6.1 Розрахунки ключових техніко-економічних показників

Одним із ключових факторів при розрахунках є технологічна собівартість (ТС), яка відображає лише витрати, що варіюються в залежності від порівняння технологічних процесів на одній або декількох операціях, або можливе скорочення декількох операцій до однієї.

Розрахунок ТС дозволяє: оптимізувати витрати: визначити найбільш економічно вигідні технологічні процеси; підвищити ефективність виробництва шляхом виявлення можливості для скорочення операцій та підвищення продуктивності; оцінити вплив зміни технологічних процесів на собівартість продукції; знизити собівартість продукції та запропонувати конкурентоспроможні ціни.

При розрахунку ТС необхідно враховувати: вартість матеріалів та сировини; витрати на оплату праці робітників; витрати на використання технологічного, допоміжного обладнання та інструментів; витрати на енергію та інші ресурси; витрати на розробку програмного забезпечення для верстатів з ЧПК; витрати на робочі приміщення; інші елементи витрат.

Техніко-економічну ефективність виробництва буде оцінено шляхом порівняльного аналізу собівартості обробки на верстатах з ЧПК та без ЧПК.

Таблиця 6.1 – Вихідні дані

Вихідні дані					
Дані	Базовий варіант				Новий варіант
	2622	1A64	6P13П	2M55	Hi-TECH 550BL/MC
Деталь					
Річний обсяг випуску деталей N, шт.	1300				1300
Кількість запусків партій деталей в рік, шт.	20				20
Тривалість випуску деталей Z, рік	3				3
Штучний час обробки деталі t _{шт} , хв.	2	20	4	2	15
Час наладки верстата, хв.	16	16	4	8	20
Розряд:					
контролера	5				5
верстатника	4	3	4	3	2
наладчика	3	3	3	3	5
наладчика інструменту		4			4
Кількість кадрів програми, шт.					300

					КНУ.КБР.131.25.1-21.06.ОЕПВ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Хмеленко			Організаційно-економічна підготовка виробництва	Літ.	Арк.
Перевір.		Рязанцев					Аркушів
Реценз.							
Н. Контр.		Нечасв				Кафедра ТМ, гр. ПМ-21	
Зав. каф.		Рязанцев					

Продовження таблиці 6.1:

Вартість заготовки S _{заг} , грн.	3514				3514
Вартість комплексу спец. пристосувань К _{сп} , грн	42500	50000	33000	31000	70000
Оптова ціна на прокат одного УСР Ц _{усп} , грн					
Середній час налагодження за прибором одного інструменту поза верстатом, хв.	0,5	1,5	0,5	1	1
Середній період стійкості інструменту, хв.	45	45	45	45	120
Середня кількість граней пластинки, шт.	1	1	1	1	3
Коефіцієнт, що враховує питому вагу основного часу в штучному К _т	0,083	0,083	0,083	0,083	0,083
Вартість одного кадру ПК, грн.					8,9
Вартість розробки ПК К _{кк} , грн.					2000
Середньочасова зарплата робітника, грн:					
верстатника Н _{ст}	120	130	130	120	160
наладчика Н _{нал}	130	135	130	125	150
наладчика інструмента Н _{ін}	110	120	120	115	150
контролера Н _к	115				145
Верстати					
Клас точності верстата	Н	Н	Н	Н	А
Маса верстата, т	11,8	11,4	4,2	4,7	12,7
Габарити верстата (довжина х ширина), м.	5,5 х 3,2	5,825 х 2	2,56 х 2,26	2,665 х 1	5,59 х 2,45
Габарити пристрою ЧПК, м					0,5 х 0,5
Тип пристрою ЧПК					FANUC 0i-TD
Строк служби верстата до капітального ремонту Т _{рм} , років	7	7	7	7	10
Встановлена потужність всіх електродвигунів головного руху, кВт	10	10	10	10	50
Категорія складності ремонту верстата ЕРС:					
механічної частини R _м	18,6	27,7	15	15,6	26,86
електротехнічної частини R _е	13,4	14	9,8	9,2	20,8
Кількість верстатів, що обслуговує один робочий d, шт	1	1	1	1	2
Оптова ціна верстата Ц, грн.	360000	260000	160000	145000	1725000
Коефіцієнт завантаження верстата η _в	0,75	0,75	0,78	0,75	0,95
Площа верстата за габаритами А, м. кв.	17,6	11,7	5,8	2,7	13,7
Площа пристрою ЧПК А _ч , м. кв.					0,25
Витрати на одну одиницю ЕРС верстата, грн.					
механічної частини Н _м	401	401	401	401	272
електротехнічної частини Н _е	86	86	86	86	60
Норматив річних витрат на поточне обслуговування та ремонт ПЧПК Q, грн.	0	0	0	0	1950
Коеф., що враховує додаткову площу верстата γ	3	2,5	2,5	1,5	3,5
Коеф., що враховує клас точності верстата μ	1	1	1	1	1,8
Ефективний річний фонд часу роботи верстата Ф _{вк} , год	3975	3975	3975	3975	3845

					КНУ.КБР.131.25.1-21.06.ОЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 6.1:

Виробничі та інші площі					
Вартість 1 м. кв. площі механічної Цехів, грн	500				500
Вартість 1 м. кв. площі, що займають службово-побутові приміщення Цехів, грн	1000				1000
Площа службово-побутових приміщень, що припадає на одного робочого Ас, м. кв.	7				7
Витрати на утримання та амортизаційні витрати на 1 м. кв. цеху Нав, грн.	180	180	180	180	200

Розрахунок допоміжних показників					
Дані	Базовий варіант				Новий варіант
	2622	1A64	6P13П	2M55	Hi-TECH 550BL/MC
Трудомісткість обробки Тшт, год	400	400	86,66667	43,33333	1500
Час наладки верстата впродовж року Тн, год	5,33333	5,333333	1,333333	2,666667	6,666666667
Час наладки інструмента поза верстатом впродовж року Тнв, год	0	0,00	1,001481	1,001481	20,00
Час контролю деталей впродовж року Тк, год	33,2	33,2	7,193333	3,596667	124,5
Кількість верстатників Рст, чол. (розрах.)	0,22	0,22	0,05	0,02	0,40
(дійсна)	1	1	1	1	1
Кількість наладчиків верстатів Рн, чол. (розрахункова)	0,0029	0,0029	0,0007	0,0014	0,0036
(дійсна)	1	1	1	1	1
Кількість наладчиків інструмента поза верстатом Рнв, чол. (розрахункова)	0	0,0000	0,000538	0,000538	0,01075
(дійсна)	1	0	1	1	1
Кількість контролерів Рк, чол. (розрах.)	0,02	0,02	0,004	0,00	0,07
(дійсна)	1				1
Додаткова кількість робочих по обслуговуванню верстатів з ЧПК Рдод, чол (розрахункова)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,21
(дійсна)	0	0	0	0	1
Загальна кількість працівників на річну програму випуску деталей, чол.	12				5
Частка завантаження верстата обробкою деталей в обсязі річного випуску β	0,14	0,18	0,0284	0,015	0,41

					КНУ.КБР.131.25.1-21.06.ОЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Використання спеціальної програми дозволяє проводити автоматичні розрахунки.

Таблиця 6.2 – Основні розрахунки елементів собівартості верстатів

1. Зарплатня верстатника (основна та додаткова) I_z		Базовий варіант				Новий варіант			
$I_z = \text{Нст.зар} \cdot T_{\text{шт}} / d$		2622	$I_z = \text{Нст.зар} \cdot T_{\text{шт}} / d$			Ні-TECH 550BL/MC	$I_z = \text{Нст.зар} \cdot T_{\text{шт}} / d$		
де Нст.зар – середньочасова заробітна платня верстатників зі усіма нарахуваннями, грн.;			79782	199,45	400	1	199454	265,94	1500
$T_{\text{шт}}$ – час обробки деталей в обсязі їх річного випуску, год;		1A64	$I_z = \text{Нст.зар} \cdot T_{\text{шт}} / d$				Всього I_{z1}	199454	
d – кількість верстатів, які обслуговує один робочий			84914	212,28	400	1			
$\text{Нст.зар} = \text{Нст} + Z_d + \text{Свідр} + \text{Спрем}$		6P13П	$I_z = \text{Нст.зар} \cdot T_{\text{шт}} / d$						
де Нст – тарифна ставка верстатника, грн;			18727	216,08	86,66667	1			
Z_d – додаткова заробітна платня, 8%		2M55	$I_z = \text{Нст.зар} \cdot T_{\text{шт}} / d$						
Свідр – відрахування на соціальне страхування, 12%			8643	199,4544	43,33333	1			
Спрем – преміальні доплати, 35%		Всього I_{z1}	192065						
$T_{\text{шт}} = t_{\text{ш}} \cdot N / 60$									
2. Зарплатня за наладку верстата I_n		Базовий варіант				Новий варіант			
$I_n = \text{Ннал.зар} \cdot T_n$		2622	$I_n = \text{Ннал.зар} \cdot T_n$			Ні-TECH 550BL/MC	$I_n = \text{Ннал.зар} \cdot T_n$		
де Ннал.зар – середньочасова зарплатня наладчиків з усіма нарахуваннями, грн;			1090,25	204,42	5,3333		1572,48	235,87	6,67
T_n – час наладки верстата впродовж року, год		1A64	$I_n = \text{Ннал.зар} \cdot T_n$			Всього I_{n1}	1572,48		
$\text{Ннал.зар} = \text{Ннал} + Z_d + \text{Свідр} + \text{Спрем}$			1132,19	212,28	5,3333				
де Ннал – тарифна ставка наладчика, грн;		6P13П	$I_n = \text{Ннал.зар} \cdot T_n$						
Z_d – додаткова заробітна платня, 8%			272,56	204,42	1,3333				
Свідр – відрахування на соціальне страхування, 12%		2M55	$I_n = \text{Ннал.зар} \cdot T_n$						
Спрем – преміальні доплати, 30%			524,16	196,56	2,6667				
$T_n = t_n \cdot j_p / 60$		Всього I_{n1}	3019,16						
де t_n – час наладки верстата для обробки партії деталей, хв;									
j_p – кількість запусків партій деталей за рік									
3. Зарплатня налагоджувальника інструмента поза верстатом, $I_{\text{ин}}$		Базовий варіант				Новий варіант			
$I_{\text{ин}} = \text{Нин} \cdot T_{\text{ин}}$		2622	$I_{\text{ин}} = \text{Нин} \cdot T_{\text{ин}}$			Ні-TECH 550BL/MC	$I_{\text{ин}} = \text{Нин} \cdot T_{\text{ин}}$		
де Нин – середньочасова зарплатня наладчика, грн;			0	110	0		1112,00	55,6	20,00
$T_{\text{ин}}$ – час, який затрачується на налагодження інструмента поза верстатом, хв		1A64	$I_{\text{ин}} = \text{Нин} \cdot T_{\text{ин}}$			Всього $I_{\text{ин}2}$	1112,00		
$T_{\text{ин}} = 1,3 \cdot t_{\text{ин}} \cdot T_{\text{шт}} \cdot k_{\text{т}} / (T \cdot n_{\text{Г}})$			0,00	150	0,00				
де 1,3 – коеф., що враховує випадкову втрату інструменту та його вихід з ладу;		6P13П	$I_{\text{ин}} = \text{Нин} \cdot T_{\text{ин}}$						
$t_{\text{ин}}$ – середній час налагодження за прибором одного інструмента, хв.;			120,18	120	1,0015				
$T_{\text{шт}}$ – час обробки деталей в обсязі їх річного випуску поза верстатом з ЧПК, год;		2M55	$I_{\text{ин}} = \text{Нин} \cdot T_{\text{ин}}$						
$k_{\text{т}}$ – коеф., який враховує питому вагу основного часу в штучному і дорівнює			115,17	115	1,0015				
T – середній період стійкості інструменту, хв.;		Всього $I_{\text{ин}1}$	235,35						
$n_{\text{Г}}$ – кількість граней пластинки, що не переточується									
4. Витрати на підготовку та поновлення керуючої програми $I_{\text{пк}}$		Базовий варіант				Новий варіант			
$I_{\text{пк}} = K_{\text{пк}} / Z$		6P13П	$I_{\text{пк}} = K_{\text{пк}} / Z$			Ні-TECH 550BL/MC	$I_{\text{пк}} = K_{\text{пк}} / Z$		
			0	0	1300		666,667	2000	3
		2M55	$I_{\text{пк}} = K_{\text{пк}} / Z$			Всього $I_{\text{пк}2}$	666,666667		
			0	0	1300				
		1A64	$I_{\text{пк}} = K_{\text{пк}} / Z$						
			0,00	0	3				
		Всього $I_{\text{пк}1}$	0,00						

5. Витрати на ремонт та утримання спеціальних пристосувань $I_{лр}$

$$I_{лр} = K_{лр} \cdot (1/Z + 0,04)$$

де 0,04 – коеф., що враховує витрати на ремонт спеціальних пристосувань

Базовий варіант				Новий варіант			
2622	$I_{лр} = K_{лр} \cdot (1/Z + 0,04)$			Hi-TECH 550BL/MC	$I_{лр} = K_{лр} \cdot (1/Z + 0,04)$		
	15866,667	42500	0,3333		26133,3	70000	0,33
1A64	$I_{лр} = K_{лр} \cdot (1/Z + 0,04)$			Всього $I_{лр1}$	26133,33333		
	18666,667	50000	0,3333				
6P13П	$I_{лр} = K_{лр} \cdot (1/Z + 0,04)$						
	12320	33000	0,3333				
2M55	$I_{лр} = K_{лр} \cdot (1/Z + 0,04)$						
	11573,333	31000	0,3333				
Всього $I_{лр1}$	58426,66667						

6. Витрати на прокат універсально-збірних пристосувань при їх використанні $I_{усп}$

$$I_{усп} = C_{усп} \cdot j_p$$

де $C_{усп}$ – оптова ціна за прокат одного пристосування, грн

Базовий варіант				Новий варіант			
2622	$I_{усп} = C_{усп} \cdot j_p$			Hi-TECH 550BL/MC	$I_{усп} = C_{усп} \cdot j_p$		
	0	0	20		0	0	20
1A64	$I_{усп} = C_{усп} \cdot j_p$			Всього $I_{усп1}$	0		
	0	0	20				
6P13П	$I_{усп} = C_{усп} \cdot j_p$						
	0	0	20				
2M55	$I_{усп} = C_{усп} \cdot j_p$						
	0	0	20				
Всього $I_{усп1}$	0						

7. Амортизаційні відрахування на повне відновлення обладнання I_a

$$I_a = K_a \cdot A$$

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

- для верстатів масою до 10 т, які оброблюють деталі металевими та абразивними інструментами, відповідно – 0.053 та 0.056;
- для верстатів масою вище 10 т – 0.04 та 0.042 відповідно

Базовий варіант				Новий варіант			
2622	$I_a = K_a \cdot A$			Hi-TECH 550BL/MC	$I_a = K_a \cdot A$		
	2153,62	53841	0,04		13662,00	341550	0,04
1A64	$I_a = K_a \cdot A$			Всього I_{a2}	13662,00		
	2059,20	51480	0,04				
6P13П	$I_a = K_a \cdot A$						
	0,00	4995	0				
2M55	$I_a = K_a \cdot A$						
	130,44	2461	0,053				
Всього I_{a1}	4343,26						

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

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

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

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

Базовий варіант								Новий варіант							
2622	$I_{лп} = H_{лп} \cdot (A + A_y) \cdot \gamma \cdot \beta$							Hi-TECH 550BL/MC	$I_{лп} = H_{лп} \cdot (A + A_y) \cdot \gamma \cdot \beta$						
	1292,17	180	17,6	0	3	0,14			4028	200	13,7	0,25	3,5	0,41	
1A64	$I_{лп} = H_{лп} \cdot (A + A_y) \cdot \gamma \cdot \beta$							Всього $I_{лп2}$	4027,81						
	943,65	180	11,65	0	2,5	0,18									
6P13П	$I_{лп} = H_{лп} \cdot (A + A_y) \cdot \gamma \cdot \beta$														
	74,08	180	5,8	0	2,5	0,03									
2M55	$I_{лп} = H_{лп} \cdot (A + A_y) \cdot \gamma \cdot \beta$														
	11,10	180	2,665	0	1,5	0,02									
Всього $I_{лп1}$	2321,00														

9. Витрати на амортизацію і утримання службово-побутових приміщень $I_{сл}$

$$I_{сл} = H_{сл} \cdot A_{сл} \cdot (P_{ст} + P_{к} + P_{аод} + P_{р})$$

Базовий варіант								Новий варіант							
	$I_{сл} = H_{сл} \cdot A_{сл} \cdot (P_{ст} + P_{к} + P_{аод} + P_{р})$								$I_{сл} = H_{сл} \cdot A_{сл} \cdot (P_{ст} + P_{к} + P_{аод} + P_{р})$						
	84000	1000	7	4	7	0	1		35000	1000	7	1	2	1	1
Всього $I_{сл1}$	84000							Всього $I_{сл2}$	35000						

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.25.1-21.06.ОЕПВ

Арк.

10. Витрати на ремонт та технічне обслуговування обладнання I_p

$$I_p = (H_p \cdot R_u + H_e \cdot R_e) \cdot \mu \cdot \beta$$

де H_p, H_e – витрати на одинокі ремонтні складові відповідної механічної та електротехнічної частин, грн.;
 R_u, R_e – ремонтна складові відповідно механічної та електротехнічної часток, що приймається за паспортом верстата, а для деяких верстатів ЧПК;
 μ – коефіцієнт, який враховує клас точності верстата, що приймається для класів точності Н, П, В, А, С – відповідно 1; 1,2; 1,5; 1,8; 2,2

Базовий варіант						Новий варіант					
2622	$I_p = (H_p \cdot R_u + H_e \cdot R_e) \cdot \mu \cdot \beta$	1170,8	401	18,6	86	13,4	1	0,14	Ні-ТЕСН 550ВЛ/МС	$I_p = (H_p \cdot R_u + H_e \cdot R_e) \cdot \mu \cdot \beta$	6350,9
1А64	$I_p = (H_p \cdot R_u + H_e \cdot R_e) \cdot \mu \cdot \beta$	2216,1	401	27,7	86	14	1	0,18	Всього I_{p2}		6350,9
6Р13П	$I_p = (H_p \cdot R_u + H_e \cdot R_e) \cdot \mu \cdot \beta$	194,6	401	15	86	9,8	1	0,03			
2М55	$I_p = (H_p \cdot R_u + H_e \cdot R_e) \cdot \mu \cdot \beta$	108,7	401	15,6	86	9,2	1	0,02			
Всього I_{p1}											3690,2

11. Витрати на технічне обслуговування і ремонт ЧПК I_y

$$I_y = Q \cdot \beta$$

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

Базовий варіант				Новий варіант			
2622	$I_y = Q \cdot \beta$	0	0	0,14	Ні-ТЕСН 550ВЛ/МС	$I_y = Q \cdot \beta$	804,3
1А64	$I_y = Q \cdot \beta$	0	0	0,18	Всього I_{y2}		804,3
6Р13П	$I_y = Q \cdot \beta$	0	0	0,03			
2М55	$I_y = Q \cdot \beta$	0	0	0,02			
Всього I_{y1}				0,0			

12. Зарплатня контролера I_k

$$I_k = H_k \cdot T_k$$

де H_k – середньочасова заробітна платня контролера 5-го розряду, грн.;

T_k – час контролю деталей впродовж року, год.

Для базових верстатів:

$$T_{k1} = 0,083 \cdot T_{шт}$$

де 0,083 – середньостатистична частка трудомісткості контрольних операцій

Для обробки на верстатах з ЧПК

$$T_{k1} = 0,2 \cdot T_{шт}$$

Базовий варіант				Новий варіант			
2622	$I_k = H_k \cdot T_k$	3818,00	115	33,20	Ні-ТЕСН 550ВЛ/МС	$I_k = H_k \cdot T_k$	18052,5
1А64	$I_k = H_k \cdot T_k$	3818,00	115	33,20	Всього I_{k2}		18052,5
6Р13П	$I_k = H_k \cdot T_k$	827,23	115	7,19			
2М55	$I_k = H_k \cdot T_k$	413,62	115	3,60			
Всього I_{k1}				8876,85			

1. Балансова вартість верстата K_b

$$K_b = C \cdot \alpha \cdot \beta$$

де C – оптова ціна верстата, грн

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

$$\beta = T_{шт} + T_n / (Фоб \cdot \eta_s)$$

Базовий варіант						Новий варіант					
2622	$K_b = C \cdot \alpha \cdot \beta$	53841	360000,00	1,1	0,14	Ні-ТЕСН 550ВЛ/МС	$K_b = C \cdot \alpha \cdot \beta$	341550	1725000,00	1,1	0,18
1А64	$K_b = C \cdot \alpha \cdot \beta$	51480	260000,00	1,1	0,18	Всього K_{b2}		341550			
6Р13П	$K_b = C \cdot \alpha \cdot \beta$	4995	160000	1,1	0,03						
2М55	$K_b = C \cdot \alpha \cdot \beta$	2461	145000	1,1	0,02						
Всього K_{b1}											112777

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

$$K_{пл} = C_{пл.пл} (A + A_y) \cdot \gamma \cdot \beta$$

де $C_{пл.пл}$ – вартість 1 м. кв. площі механічного цеху;

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

A_y – площа, яку займають вимісні, допоміжні пристрої, м. кв.;

γ – коефіцієнт, який враховує додаткову площу

Базовий варіант						Новий варіант					
2622	$K_{пл} = C_{пл.пл} (A + A_y) \cdot \gamma \cdot \beta$	3589	500	17,6	0	3	0,14	Ні-ТЕСН 550ВЛ/МС	$K_{пл} = C_{пл.пл} (A + A_y) \cdot \gamma \cdot \beta$	4394,25	500
1А64	$K_{пл} = C_{пл.пл} (A + A_y) \cdot \gamma \cdot \beta$	2621	500	11,65	0	2,5	0,18	Всього $K_{пл2}$		4394,25	
6Р13П	$K_{пл} = C_{пл.пл} (A + A_y) \cdot \gamma \cdot \beta$	206	500	5,8	0	2,5	0,03				
2М55	$K_{пл} = C_{пл.пл} (A + A_y) \cdot \gamma \cdot \beta$	31	500	2,665	0	1,5	0,02				
Всього $K_{пл1}$											6447

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.25.1-21.06.ОЕПВ

Арк.

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

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

де $Ц_{пл.б}$ – вартість 1 м. кв. службово-побутових приміщень, грн;
 $A_б$ – площа службово-побутових приміщень, яка приходить на одного робочого;

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

P_k – кількість контролерів

Базовий варіант						
$K_{сл} =$	$Ц_{пл.б}$	$\cdot A_б$	$\cdot (P_{ст} +$	$P_n +$	$P_{доп} + P_k)$	
84000	1000	7	4	7	0	1
Всього $K_{сл1}$		84000				

Новий варіант						
$K_{сл} =$	$Ц_{пл.б}$	$\cdot A_б$	$\cdot (P_{ст} +$	$P_n +$	$P_{доп} + P_k)$	
28000	1000	7	1	2	0	1
Всього $K_{сл2}$		28000				

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

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

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

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

$$n'' = N_{річн} / j_p$$

$S_{заг}$ – вартість заготовки, грн;

C – собівартість механічної обробки річного випуску деталей, грн;

0,5 – коеф. наростання витрат

Базовий варіант						
$K_{нез} =$	3	$\cdot n''$	$\cdot (S_{заг} +$	$C / N_{річн} \cdot 0,5) \cdot \beta$		
256159,69	65	3514	356977,78	1300	0,36	
Всього $K_{сл1}$		256160				

Новий варіант						
$K_{нез} =$	3	$\cdot n''$	$\cdot (S_{заг} +$	$C / N_{річн} \cdot 0,5) \cdot \beta$		
254916,57	65	3514	304954,60	1300	0,36	
Всього $K_{сл1}$		254917				

Таблиця 6.3 – Приведені результати розрахунків

Приведені витрати				Строк окупності				
$З1 =$	$C1 +$	$E_n \cdot$	$K1$	$Ток =$	$(K2 -$	$K1) /$	$(C1 -$	$C2)$
449360	356978	0,15	615884	1,633	700860,82	615884	356977,78	304954,60
$З2 =$	$C2 +$	$E_n \cdot$	$K2$					
410084	304955	0,15	700861					
Річний економічний ефект								
$E =$	$З1 -$	$З2$						
39276,623	449360,3	410084						

Були проведені розрахунки по собівартості та строку окупності введення сучасного верстата з ЧПК замість трьох універсальних, внаслідок чого термін окупності становить приблизно півтори року. Вдосконалення технології виготовлення деталі «Вал» доцільне для зниження собівартості.

6.2 Охорона праці та екологія виробництва

На механічній дільниці існує ряд потенційних екологічних проблем, включаючи забруднення ґрунту та води внаслідок витоків або неправильної утилізації мастильно-охолоджувальних рідин, або накопичення відходів у вигляді металевої стружки. Для утилізації металевої стружки застосовують комплексну обробку, що включає очищення та переплавку, в результаті чого отримують вторинний метал. Це дозволяє повернути матеріал у виробництво, зменшуючи навантаження на природні ресурси. Утилізація МОР варіюється від шкідливого для

					КНУ.КБР.131.25.1-21.06.ОЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

довкілля спалювання до більш ефективних методів, таких як очищення, повторне використання, фільтрація та інше.

З точки зору охорони праці, працівники піддаються ризику шкідливого впливу шуму та вібрації, що може призвести до професійних захворювань, наприклад вібраційної хвороба, яка супроводжує порушенням кровообігу, нервової системи та опорно-рухового апарату. Для захисту від шкідливого впливу шуму та вібрації на робочому місці застосовують як індивідуальні, так і технічні засоби. До індивідуальних належать навушники або беруші для захисту слуху, а також віброізолюючі рукавички та взуття, а також проводяться регулярні медичні огляди для виявлення ранніх ознак професійних захворювань. Технічні заходи спрямовані на зменшення шуму та вібрації безпосередньо в джерелі їх виникнення, що досягається регулярним обслуговуванням обладнання або використанням віброгасників.

					КНУ.КБР.131.25.1-21.06.ОЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У першому розділі були розглянуті основні елементи вузла об'єкту дослідження (привідний барабан), принцип його роботи та схема складання. Було розглянуте питання, пов'язане з кінематичною схемою роботи привідного барабану від черв'ячного редуктора та основні розрахунки на геометричні та фізичні параметри, виходячи з умов експлуатації барабану. Розділ дає змогу уявити принципову схему роботи даного механізму.

У другому розділі, розглядаючи предмет дослідження (вал), було проаналізовано: якість поверхонь, дослідження технологічності деталі, вибір замінників матеріалу, вибір верстатів для металообробки, створення маршрутної карти. Даний розділ дає змогу уявити та оцінити деталь на використання певного обладнання, подальшого вибору інструментів та розробки маршрутного процесу обробки.

У третьому розділі були підібрані ріжучі та допоміжні інструменти для обробки деталі «Вал» з урахуванням вимог креслення, послідовності технологічних операцій та характеристик використовуваного обладнання. Результатом цього розділу є забезпечення та досягнення необхідних параметрів точності і якості оброблених поверхонь.

Четвертий розділ включає в себе дослідження спеціального інструменту дозволило визначити продуктивність роботи в реальних умовах виробництва, виявити шляхи оптимізації технологічного процесу та проаналізувати функціонування з його тривалою експлуатацією.

Результатом п'ятого розділу є безпосереднє дослідження обробки деталі з використанням САМ-систем, що дозволило отримати код керуючої програми на обрану технологічну операцію.

Метою шостого розділу є оцінка економічної доцільності придбання нового верстата шляхом порівняння інвестиційної привабливості зі старим обладнанням, використовуючи критерій окупності.

					КНУ.КБР.131.25.1-21.В		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Висновки		
Розроб.	Хмеленко						
Перевір.	Рязанцев						
Реценз.							
Н. Контр.	Нечасів						
Зав. каф.	Рязанцев						
					Літ.	Арк.	Аркушів
					Кафедра ТМ, гр. ПМ-21		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Допуски, посадки та технічні вимірювання: підруч. для здобувачів професійної (професійно-технічної) освіти /В. З. Набродов. – Київ: Літера ЛТД, 2019 – 224 с.
2. Каталог Hwacheon «Токарне та фрезерне обладнання»
3. <https://surl.lu/gytklo>
4. <https://krasnyborets.com/catalog/stanki-krugloshlifovalnye/osh-661af2/>
5. <https://surl.lu/arqoqf>
6. Обробка металів різанням: Довідник технолога / А.А. Панов, В.В. Аникин, Н.Г. Бойм та ін.; Під заг. ред. А.А. Панова. 2-е видання, перероб. та доп. – М.: Машинобудування, 2004. – 784 с.: ил. ISBN 5-94275-049-1.
7. Каталог TaeguTec «Токарна обробка»
8. https://magafor.eu/index.php?page=article&grp=4_41_411&famille=0811
9. Каталог Seco «Обробка отворів» 2025.1
10. Каталог TaeguTec «Різьбонарізний інструмент»
11. Каталог ChaseQuad «Фрезерний інструмент»
12. Каталог Gear Cutters «Зубообробка» 2000.1
13. Каталог EROGLU «Допоміжний інструмент» 2020
14. Каталог TaeguTec «Оснащення»
15. Каталог Seco «Інструментальні системи» 2025.1
16. <https://surli.cc/pgaamb>
17. «Методика програмування верстатів з ЧПК на більш повному полігоні допоміжних G-функцій» / Сосонкин В.Л., Мартинов Г.М.
18. Керівництво по експлуатації FANUC Series Oi-MODEL D

					КНУ.КБР.131.25.1-21.СВД		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Список використаних джерел		
Розроб.	Хмеленко						
Перевір.	Рязанцев						
Реценз.							
Н. Контр.	Нечасів						
Зав. каф.	Рязанцев						
					Літ.	Арк.	Аркушів
					Кафедра ТМ, гр. ПМ-21		

ДОДАТОК А

Код керуючої програми для 1-го установу:

```
%  
ОТокарна операція валу(FILENAME = Токарна операція валу)  
N10 G21 G40  
N15 G28 U0 W0  
(OPERATION: ROUGH TURN ТОЧЕНИЕ4)  
N20 T101  
N25 G50 S1800  
N30 G96 S102 M03  
N35 G00 X130.0 Z5.0 M08  
N40 X126.0 Z3.0  
N45 G71 U3.0 R0.5  
N50 G71 P55 Q95 U0 W0 F0.84  
N55 G01 X74.3 F0.84  
N60 Z-90.0  
N65 X82.4  
N70 Z-187.0  
N75 X93.0  
N80 Z-229.0  
N85 X102.4  
N90 Z-359.0  
N95 X122.0  
N100 G28 U0 W0 M09  
N105 M05  
N110 M30  
%
```

Код керуючої програми для 2-го установу:

```
%  
ОТокарна операція валу-2(FILENAME = Токарна операція валу-2)  
N10 G21 G40  
N15 G28 U0 W0  
(OPERATION: ROUGH TURN ТОЧЕНИЕ1)  
N20 T101  
N25 G50 S1800  
N30 G96 S102 M03  
N35 G00 X130.0 Z5.0 M08  
N40 X126.0 Z3.0  
N45 G71 U3.0 R0.5  
N50 G71 P55 Q115 U0.6 W0.3 F0.84  
N55 G01 X78.5 F0.329
```

N60 Z0
N65 X80.5 Z-1.0
N70 Z-75.0
N75 X88.0
N80 X90.0 Z-76.0
N95 Z-117.0
N100 X98.5
N105 X100.5 Z-118.0
N110 Z-247.0
N115 X122.0
N120 G28 U0 W125.0 M09
(OPERATION: SEMI-FINISH TURN ТОЧЕНИЕ1)
N130 T202
N135 G96 S161
N140 G00 X130.0 Z5.0 M08
N145 G70 P55 Q115
N150 G00 X126.0 M09
(OPERATION: FINISH TURN ТОЧЕНИЕ1)
N155 G00 X130.0
N160 G00 X130.0 Z5.0 M08
N165 G70 P55 Q115
N170 G00 X126.0
N175 G28 U0 W0 M09
N180 M05
N185 M30
%

Код керуючої програми для 3-го установу:

%
ОТокарна операція валу-3(FILENAME = Токарна операція валу-3)
N10 G21 G40
N15 G28 U0 W0
(OPERATION: SEMI-FINISH TURN ТОЧЕНИЕ2)
N20 T202
N25 G50 S1800
N30 G96 S161 M03
N35 G00 X130.0 Z5.0 M08

N40 G70 P45 Q110
N45 G01 X70.5 F0.329
N50 Z0
N55 X72.5 Z-1.0
N60 Z-90.0
N65 X78.5

N70 X80.5 Z-91.0
N75 Z-187.0
N80 X88.0
N85 X90.0 Z-188.0
N90 Z-229.0
N95 X98.5
N100 X100.5 Z-230.0
N105 Z-359.0
N110 X120.0
N115 G00 X126.0 Z5.0 M09
(OPERATION: FINISH TURN ТОЧЕНИЕ2)
N120 G00 X130.0
N125 Z5.0 M08
N130 G70 P45 Q110
N135 G00 X126.0
N140 G28 U0 W0 M09
N145 M05
N150 M30
%

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 виготовлення
деталі «Вал» привідного барабану та обґрунтування параметрів
різального інструменту за допомогою CAD/CAM/CAE систем

Виконав здобувач гр. ПМ-21	_____	Хмеленко О.В.
	(підпис)	
Керівник КБР	_____	Рязанцев А.О.
	(підпис)	
Нормоконтроль	_____	Нечаєв В.П.
	(підпис)	
Завідувач кафедри	_____	Рязанцев А.О.
	(підпис)	

[illegible]